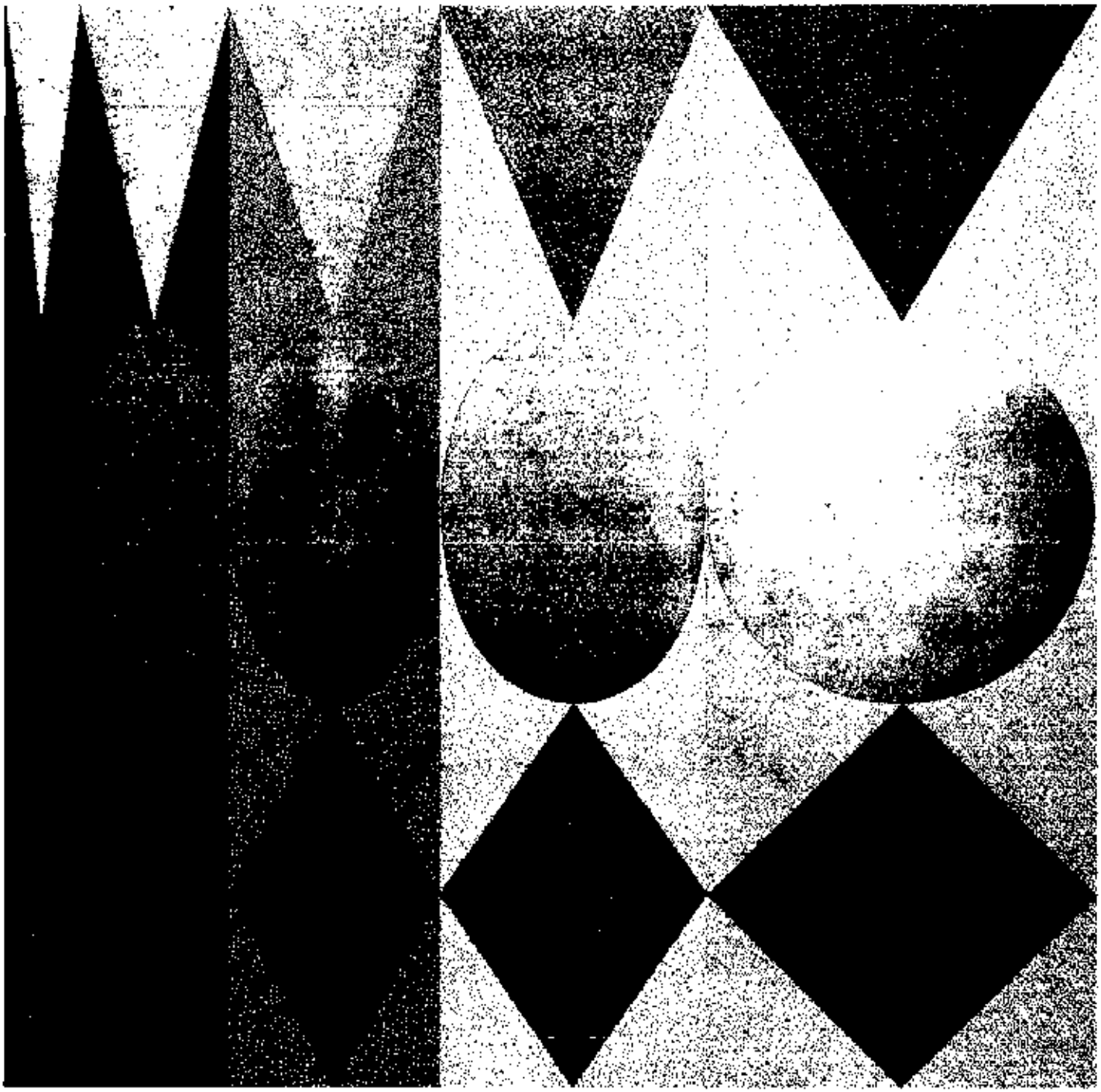
Tendances nouvelles dans le matériel scientifique scolaire

Norman K. Lowe



Tendances nouvelles dans le matériel scientifique scolaire

Tendances nouvelles dans le matériel scientifique scolaire

Norman K. Lowe

Unesco

Publié en 1986
par l'Organisation des Nations Unies
pour l'éducation, la science et la culture,
7, place de Fontenoy, 75700 Paris
Composition : Sodexic, 28000 Chartres
Impression : Floch, 53100 Mayenne.

ISBN 92-3-202052-1
Édition anglaise : 92-3-102052-8

© Unesco 1986

Préface

L'Unesco a le devoir essentiel d'aider les pays en développement à améliorer leur enseignement scientifique à tous les niveaux. Ces pays, quant à eux, sont conscients du fait que leur développement économique dépend dans une très large mesure de leur aptitude à former leurs propres scientifiques, ingénieurs et techniciens et comprennent que cela exige une large diffusion des sciences dans l'ensemble de la population.

Beaucoup de pays en développement placent au premier rang des priorités la modernisation radicale de l'enseignement des sciences. En publiant la série « L'enseignement des sciences fondamentales », l'Unesco entend permettre un échange d'informations sur les contenus, les approches, les programmes et les techniques d'un enseignement scientifique moderne.

Le présent volume est le premier qui soit consacré au matériel scientifique scolaire ; c'est pourquoi, de même qu'un volume antérieur intitulé *New trends in the utilization of educational technology for science education,* il ne fait pas partie à proprement parler de la série susmentionnée. Il est fondé sur les débats qui ont eu lieu et les communications qui ont été présentées à l'occasion d'une réunion internationale sur le matériel scientifique scolaire tenue au siège de l'Unesco du 17 au 21 novembre 1980. Dans la mesure où ils intéressent notre propos, on a également puisé dans les rapports et conclusions d'autres réunions internationales, ainsi que dans diverses publications, afin de brosser un tableau complet des tendances observées dans le domaine du matériel scientifique dans le monde entier, ainsi que des problèmes et questions qui y sont liés.

L'objet de cette publication est d'indiquer les voies et moyens par lesquels l'enseignement des sciences peut devenir une réalité concrète pour tous les jeunes. Deux autres publications de l'Unesco, le *Nouveau manuel de l'Unesco pour l'enseignement des sciences* et le *Guide de l'Unesco pour les professeurs de sciences,* traitent également de différents aspects de l'élaboration, de l'entretien et de l'utilisation du matériel scientifique scolaire.

A un moment où beaucoup de pays s'efforcent d'élargir la base pratique et expérimentale de l'enseignement des sciences, la présente publication s'adresse à un large public, comprenant les enseignants en exercice, les futurs enseignants en cours de formation et leurs professeurs, les responsables de l'élaboration des programmes de sciences, les chercheurs et enfin les fonctionnaires des ministères de l'éducation. Certaines parties pourront être utilisées comme documentation de référence dans les stages de formation sur le matériel scientifique scolaire organisés à l'intention des enseignants par des organismes professionnels.

L'Unesco tient à exprimer sa gratitude à tous ceux qui ont collaboré à la rédaction du présent volume, sans ménager leur temps et leur énergie, au British Council qui a fourni de nombreuses photographies et, en particulier, au directeur de la publication, M. Norman K. Lowe. Les opinions exprimées dans cette publication sont celles des différents auteurs et du directeur de la publication et ne reflètent pas nécessairement celles de l'Unesco.

Table des matières

Première partie — **Travaux de laboratoire et activités pratiques dans l'enseignement des sciences et de la technologie**

Résumé des débats des séances plénières et des groupes de travail 11

Terminologie 14

Mise au point du matériel et élaboration des programmes, *Cecil Crellin* 16

L'évolution du matériel d'enseignement scientifique au Brésil et ses rapports avec les programmes, *Isaias Raw* 23

L'utilisation des ressources locales pour les travaux pratiques dans l'enseignement des sciences, *Keith Warren* 30

Études techniques élémentaires. Matériel d'enseignement des sciences, *Ray F. Simpson* 37

Les travaux pratiques et l'équipement des laboratoires technologiques, *Geoffrey B. Harrison et P. W. Ghee* 50

Un matériel pédagogique moderne pour l'enseignement des disciplines scientifiques en Hongrie. Problèmes économiques de conception et d'utilisation, *Görgy Appel* 62

Deuxième partie — **Conception et production de l'équipement scientifique et technologique scolaire**

Résumé des séances plénières et des débats du groupe de travail 68

Comment équiper les écoles à l'échelle nationale, *Carl Soren Håkansson* 72

Le rôle du RECSAM dans la formation et la mise au point de l'équipement scolaire, *Chin Ping Seng* 77

Le Centre national de matériel éducatif au Pakistan, *Muhammad Popalzai* 89

L'évolution de la production de matériel scolaire au Kenya, *Emil Bengtsson* 97

La production de matériel scientifique peu coûteux à Hong Kong, *P. K. Tao* 106

Les centres de matériel scolaire en Belgique, *N. K. Lowe* 115

Troisième partie

La formation des enseignants et des techniciens au travail de laboratoire et aux activités pratiques de l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école

Résumé des débats des séances plénières et des groupes de travail 120

La formation des professeurs aux activités pratiques de l'enseignement des sciences, *Jeffrey Kirkham* 122

Approche suivie pour la mise en œuvre d'un projet de formation de professeurs de sciences en Australie, *Peter J. Fensham et Jeffery R. Northfield* 132

La formation des maîtres et des techniciens pour les travaux pratiques de sciences dans les établissements scolaires de Trinité-et-Tobago, *Judy Reay et Steve West* 142

La création d'une école de formation de techniciens de laboratoire, *Centre scientifique national, Afghanistan* 155

Le Centre de formation des maîtres : une expérience constructive et stimulante, *Madhuri R. Shah* 158

Quatrième partie

Information et communication dans le domaine des équipements scolaires pour l'enseignement des sciences et de la technologie

Rapport sur les discussions qui ont eu lieu en séance plénière et au groupe de travail 168

La communication internationale : nécessité d'un centre d'échange et d'un réseau de communication, *J. David Lockard* 170

Informations utiles pour la communication 173

Collaborateurs 175

Première partie

Travaux de laboratoire et activités pratiques dans l'enseignement des sciences et de la technologie

Résumé des débats des séances plénières et des groupes de travail

Matériel et programme

Étant donné que c'est le programme qui détermine les besoins en matériel, il est éminemment souhaitable que la mise au point du matériel aille de pair avec l'élaboration des programmes. Toutefois, il faut bien préciser ce qu'on entend par « programme ». Parfois, le terme est pris au seul sens de programme d'enseignement, mais, souvent, il recouvre aussi les méthodes d'enseignement, les manuels et les auxiliaires pédagogiques (y compris le matériel), ainsi que l'évaluation des résultats (y compris les examens). En conséquence, dans certains pays, notamment dans ceux où l'enseignement est très centralisé, le « programme » (pris au sens étroit de programme d'enseignement) est fixé par le Ministère de l'éducation, indépendamment des besoins en matériel et auxiliaires pédagogiques. Dans d'autres, il peut y avoir un conseil ou un comité national chargé des programmes scolaires au sein duquel sont largement représentés tous les intéressés, notamment les enseignants et les parents d'élèves. Dans ce cas, une étroite corrélation entre l'élaboration du programme et la conception du matériel est possible.

L'idéal serait d'adopter une approche unique pour l'élaboration du programme et la conception du matériel. Puisque le matériel offre le moyen d'appliquer le programme, c'est le responsable de l'élaboration de celui-ci qui est le mieux placé pour déterminer les besoins en matériel, même s'il lui faut s'assurer le concours d'autres personnes qualifiées pour traduire ses idées dans les faits. Les spécialistes de l'élaboration des programmes doivent tenir compte de l'ensemble du processus d'enseignement et d'apprentissage (voir ce que les enseignants et les élèves font, ensemble ou séparément, quels sont les matériels ou les auxiliaires d'enseignement nécessaires à telle ou telle activité et dans quelles conditions matérielles l'enseignement est dispensé). C'est pour cette raison qu'il est recommandé de travailler en équipe à l'élaboration des programmes et du matériel.

Cependant, c'est l'enseignant qui constitue le trait d'union entre le programme et le matériel et il devrait participer à leur conception. Mais, dans de nombreux pays (dans tous les pays en vérité), faute d'une qualification et d'une sensibilité suffisantes, de nombreux enseignants ne peuvent assurer le lien voulu entre le programme et ses besoins en matériel. On a cité l'exemple d'enseignants qui ne prennent pas la peine d'étudier le manuel qui accompagne les appareils, le manuel prévu pour ceux du Fonds des Nations Unies pour l'enfance (FISE/Unicef) par exemple. D'où la nécessité d'améliorer la formation préalable et en cours d'emploi des enseignants.

Le rôle du laboratoire

L'enseignement des sciences exige des installations spéciales plus ou moins élaborées selon le niveau d'études des élèves. Dans ce contexte, trois niveaux ont été considérés : l'enseignement primaire, le premier et le second cycle de l'enseignement secondaire.

Il a été admis qu'un laboratoire de science à proprement parler n'est pas nécessaire dans les écoles primaires. Cependant, il faudrait s'efforcer d'aménager dans ces établissements, surtout lorsqu'ils servent à des activités communautaires après les heures de classe, une salle qu'on pourrait appeler la « salle des sciences » et dans laquelle des projets et des expériences simples pourraient être réalisés en toute sécurité. Pour de nombreux pays en développement, a-t-on dit, cette salle serait un rêve qui n'est pas près de se réaliser et leurs enseignants devront se contenter d'un coin de la classe, du jardin de l'école et du jeu de matériel scientifique.

Dans le Tiers Monde, l'entreposage et la sécurité de l'équipement sont des problèmes majeurs en la matière. Un autre consiste à veiller à ce que les jeux d'appareils soient toujours complets et en ordre de marche, même lorsqu'ils sont déplacés d'une classe à

l'autre et utilisés par plusieurs enseignants. Les administrateurs devraient être sensibilisés à ces problèmes et incités à leur trouver une solution.

Il a été convenu que l'approche intégrée des sciences doit être appliquée dans le premier cycle du secondaire, où l'on peut recourir largement à l'improvisation ainsi qu'à l'utilisation de matériels peu coûteux. Ce n'est que dans le deuxième cycle que des équipements plus élaborés s'imposent et qu'il faut veiller à tous les aspects économiques liés à leur utilisation et à leur entretien.

Il importe de définir les termes « laboratoire » et « travaux pratiques » de science afin de préciser le sens dans lequel on les emploie. La nature des travaux pratiques et les différentes idées que s'en font les inspecteurs, les enseignants et les étudiants méritent aussi d'être précisées. De surcroît, la notion de « laboratoire du monde extérieur » est importante, car il est éminemment souhaitable de réaliser des « travaux pratiques hors de l'école » à tous les degrés de l'enseignement.

Le coût ne saurait non plus être négligé. En particulier, celui des produits consomptibles utilisés dans le laboratoire doit être pris en considération par les administrateurs sur le plan de l'établissement et à l'échelon national. La gestion de la « petite caisse » et la responsabilité des « magasiniers » pour ce qui est des appareils posent de véritables problèmes dans de nombreux pays. Tant que les enseignants ne seront pas soulagés de ces tâches relativement mineures, les laboratoires et les équipements ne pourront être utilisés de la façon adaptée.

L'enseignement primaire

Les jeux de matériels sont fort utiles dans l'enseignement des sciences au niveau primaire. Mais le maître ne peut être motivé s'il ne dispose pas de salle pour l'entreposer, s'il ne peut l'utiliser de façon continue et s'il ne dispose pas de crédits pour faire face aux dépenses renouvelables. L'expérience du FISE/Unicef, qui a consisté à fournir des jeux de matériel simple composés d'éléments « de rebut » (pour des expériences de fortune en physique), n'a pas toujours été couronnée de succès. Mais il peut s'agir là d'un problème de communication. De nouveau, c'est le maître qui est le personnage central. N'étant généralement pas un spécialiste, il peut manquer de confiance. De nombreux instituteurs craignent en effet d'enseigner les sciences. En ayant recours à l'improvisation, le maître prend confiance en lui, mais cette improvisation suppose qu'il manifeste un certain intérêt et qu'il possède certaines connaissances, ce qui n'est pas toujours le cas.

L'emploi, dans le primaire, de jouets et de jeux éducatifs est une chose importante, mais il y a un risque de voir s'instaurer dans certains pays une distinction entre ceux qui ont les moyens de se procurer les jouets perfectionnés et ceux qui ne les ont pas. Les associations de parents et d'enseignants devraient être incitées à apporter leur concours dans ce domaine.

Enseignement secondaire

Les participants ont souligné l'importance pour l'enseignement secondaire de disposer d'équipements simples et bien conçus. De plus, l'introduction dans l'avenir de jeux fondés sur microprocesseurs aura une incidence considérable sur le matériel scientifique. Tout comme dans l'enseignement primaire, la motivation et l'intérêt du professeur sont deux éléments primordiaux. Le contraste entre les exposés répétitifs et les expériences fondées sur la recherche illustre la diversité des connaissances et des capacités du professeur du secondaire. S'il fait preuve d'esprit inventif, ce dernier peut obtenir de forts bons résultats avec peu de moyens. On a parlé de la possibilité pour les professeurs de sciences en titre de se déplacer d'une école à l'autre, ainsi que des avantages présentés par les « laboratoires de science itinérants ».

L'attention a également été appelée sur l'évolution du rôle des établissements d'enseignement secondaire. Ceux-ci doivent répondre non plus exclusivement aux besoins d'une minorité choisie d'enfants intelligents, mais aussi à ceux d'enfants moins doués. L'expérience montre que ces derniers réagissent particulièrement bien à l'emploi de matériels improvisés. Lorsqu'ils participent à la collecte d'objets de rebut, puis voient comment ceux-ci sont transformés en instruments servant à la découverte expérimentale et scientifique, ils sont fortement incités à apprendre.

L'utilisation des ressources locales

L'intérêt de faire participer les artisans locaux au processus d'enseignement a été mis en lumière. De surcroît, l'environnement constitue pour l'enseignement de la biologie un terrain tout trouvé, mais qui n'est pas pleinement exploité dans la plupart des pays. Dans ce contexte, un appel a été lancé aux professeurs de sciences de tous les pays pour qu'ils emmènent leurs élèves en excursion, car, observée de près, la nature est source d'enseignement.

Pour ce qui est d'aider les enseignants à tirer pleinement parti des ressources locales, la radio peut jouer un rôle important, notamment dans l'organisation des travaux de recherche faisant appel à des matériels locaux. Une formation complémentaire en cours d'emploi est également indispensable si l'on veut que les enseignants apprennent à utiliser avec confiance les ressources locales, car ils n'aiment pas donner l'impression de mal connaître ces ressources. Le jardin de l'école peut offrir un excellent moyen d'aborder la science par le biais des ressources locales.

Activités scolaires et extrascolaires

Les sorties pédagogiques sont une bonne chose, mais elles doivent être soigneusement organisées et convenablement structurées si l'on ne veut pas qu'elles soient assimilées à de simples excursions récréatives. Mais il arrive souvent que les enseignants n'aient pas la hardiesse voulue pour entreprendre ces sorties et qu'ils soient quelque peu découragés par des problèmes administratifs tels que l'établissement de l'emploi du temps ; ces problèmes peuvent cependant être surmontés grâce à la bonne volonté d'autres collègues. Si, pour certains enseignants, l'organisation de sorties pédagogiques peut être au-dessus de leurs moyens, tous devraient être en mesure d'entreprendre des activités d'étude hors de la salle de classe, mais dans l'enceinte de l'école. Ces activités présentent beaucoup d'avantages. L'environnement biologique de l'école est riche et il est relativement facile d'utiliser le soleil pour des expériences simples de physique et de mathématiques. Néanmoins, les enseignants ne sont pas toujours conscients de ces possibilités. D'autres ont besoin d'une aide sous forme de manuels ou d'activités de recyclage.

En milieu urbain, les visites d'usines, de chantiers de travaux publics et d'unités de production devraient entrer dans le cadre des activités pratiques du programme d'enseignement des sciences. Grâce à ce contact avec le monde du travail, les professeurs devraient pouvoir faire en sorte que des scientifiques et des techniciens de haut niveau parlent aux élèves de leur spécialité. Ces activités extrascolaires présentent également l'avantage non négligeable de mettre en contact les élèves de sciences avec les personnes qui travaillent dans le domaine de la science et de la technologie.

Le rôle des foires, des clubs et des expositions scientifiques doit être apprécié à sa juste valeur et l'utilisation d'équipements locaux et d'appareils improvisés devrait être activement encouragée. Les associations de professeurs de sciences et les centres de sciences ont un rôle important à jouer à cet égard. L'enthousiasme suscité et la créativité manifestée sont des résultats féconds dignes d'être pris en considération.

Terminologie

Les participants à la réunion ont estimé qu'il fallait définir ou expliciter certains termes utilisés au cours des discussions. Nous fournissons à titre d'indication les définitions ci-après[1]. Elles résument les interprétations générales les plus fréquentes.

Enseignement primaire

Se réfère à la période d'enseignement formel qui débute, dans la plupart des cas, vers l'âge de 6 ans, dont la durée peut varier d'un pays à l'autre entre cinq et huit années et dont le programme est conçu pour inculquer aux enfants les connaissances de base. On considère parfois aussi comme étant du niveau primaire certains programmes dispensés en dehors du système formel d'enseignement pour l'alphabétisation d'adultes.

Enseignement secondaire

Période d'enseignement formel postprimaire dont l'accomplissement est une condition d'accès à l'enseignement supérieur et dont la durée peut varier de cinq à huit années, selon la longueur de l'enseignement primaire. Généralement la durée des enseignements primaire et secondaire réunis est de dix à quatorze années, mais de nombreuses variantes existent en ce qui concerne le niveau de l'enseignement secondaire à partir duquel différentes options sont offertes (classique, littéraire, scientifique, technique, etc.).

L'enseignement secondaire est dans la plupart des cas divisé en deux cycles, comme suit.

Premier cycle. Désigne les premières années de l'enseignement secondaire (généralement trois), ayant dans la plupart des cas un programme commun. Toutefois, dans certains systèmes éducatifs, des options existent dès le début du secondaire, mais, par suite de la prolongation de la durée de la scolarité obligatoire, la tendance à éviter les filières avant le deuxième cycle se manifeste de plus en plus. Fréquemment aussi, le premier cycle de l'enseignement secondaire a une fonction d'orientation basée sur les intérêts, les aptitudes et les résultats des élèves. Dans la plupart des pays, l'âge atteint par les élèves à la fin du premier cycle d'enseignement secondaire correspond à l'âge prescrit pour la scolarité obligatoire.

Deuxième cycle. Désigne les dernières années de l'enseignement secondaire (généralement trois). Les programmes d'études à ce niveau ont habituellement des orientations différentes. Les structures résultant de cette diversification peuvent varier considérablement. L'enseignement secondaire du deuxième cycle peut être organisé soit en filières totalement séparées, soit à l'aide de cours communs assortis de différentes options correspondant aux orientations choisies.

Programme (d'enseignement)

Désigne un ensemble de cours théoriques et pratiques dispensés dans un système d'enseignement et généralement agencé pour atteindre en une période donnée des objectifs éducatifs correspondant à différents niveaux de connaissances ou de qualification.

Élaboration des programmes d'enseignement. Processus d'organisation, d'agencement et de coordination des différents cours qui composent les programmes d'enseignement correspondant à

1. Définitions adaptées de la publication de l'Unesco, *Terminologie de l'enseignement technique et professionnel,* Paris, Unesco, 1978 (Collection Ibedata).

différents niveaux de connaissance et de qualification. Ce processus comprend l'expérimentation, l'évaluation du contenu et de l'efficacité des programmes ainsi que la détermination des méthodes et matériels appropriés d'enseignement et d'apprentissage.

Appareil* [1]

Désigne tout matériel ou tout instrument utilisé dans l'enseignement, qu'il soit « bricolé » ou fabriqué industriellement.

Matériel*

Désigne les objets durables servant à l'enseignement qui ne sont ni consommés, ni détruits par l'usage. Il s'agit habituellement d'instruments de laboratoire ou d'appareils audiovisuels dont la durée de vie est censée être de plusieurs années. Se distingue des « fournitures », qui ont généralement besoin d'être remplacées souvent, encore que des articles comme les tubes à essai soient difficiles à classer dans l'une ou l'autre de ces catégories.

Fournitures*

Articles imprimés et autres, relativement peu coûteux, servant à l'enseignement. Il s'agit généralement de biens consomptibles, mais aussi parfois de biens durables de peu de valeur.

Laboratoire

1. Espace réservé à l'observation systématique de phénomènes dans des conditions contrôlées. Endroit utilisé pour toute activité d'apprentissage nécessitant des observations précises, notamment celles qui impliquent des opérations de mesure.
2. Période consacrée à des travaux de laboratoire ou des travaux pratiques.

Pratique

Qualifie une activité, un examen, etc., s'accompagnant de la manipulation d'appareils et/ou de matériel ou fournitures, comme une balance ou un spécimen biologique. Ainsi, ce qui dans un pays est appelé « examen de travaux pratiques », pourrait être nommé ailleurs « examen de laboratoire ».

Séance de travaux pratiques

Cours pendant lequel les élèves apprennent le maniement correct d'un appareil ou toutes procédures faisant intervenir des spécimens et du matériel qui relèvent spécifiquement des sciences et de la technologie. Parfois synonyme de « séance de laboratoire ».

Activité

1. Forme d'apprentissage occupant habituellement une seule heure ou séance et qui exige de l'élève qu'il fasse autre chose que lire ou écouter ; comporte des travaux de mesure, d'expérimentation, de construction de dispositifs, etc., accomplis individuellement ou en groupe ; désigne parfois une composante d'une unité d'enseignement ou un module.
2. Toute forme d'apprentissage, y compris lire et écouter.

* Appareil, matériel et fournitures ont longtemps été utilisés comme des synonymes ; cette utilisation abusive est due essentiellement à des interprétations individuelles ou à l'application de limites financières arbitraires, aux frais d'équipement et aux biens consomptibles. La Conférence régionale asiatique sur la réparation et l'entretien du matériel, tenue au Centre régional d'enseignement des sciences et des mathématiques (RECSAM) en novembre 1978, a donné du matériel la définition suivante : « Le terme matériel est général et recouvre tout objet utilisé dans un contexte éducatif, depuis l'exemple très concret d'un appareil aussi complexe que le microscope jusqu'à des fournitures aussi simples qu'élastiques, trombones, papier, etc. Dans les deux cas, microscope et fournitures sont du "matériel". »

1. Les définitions ci-après sont traduites de celles qui figurent dans le document de l'Unesco : *Glossary of terms used in science and technology education,* Paris, Unesco, juin 1981 (Science and technology education document series, 1).

Mise au point du matériel et élaboration des programmes

Cecil Crellin

Le matériel d'enseignement scientifique et l'enseignement des sciences dans le passé

Il y a à peine plus d'un siècle que l'enseignement des sciences, avec ou sans expérimentation pratique, fait partie de l'enseignement scolaire.

Au début de cette courte période, l'accent était mis sur l'enseignement des sciences au niveau secondaire.

A la fin du XIX[e] siècle, les scientifiques, et notamment les physiciens, étaient plus ou moins convaincus que les mystères de la science avaient déjà été révélés ou ne tarderaient pas à l'être. Par ailleurs, l'enseignement secondaire s'adressait essentiellement à une minorité sélectionnée. En conséquence, une grande partie de l'enseignement des sciences ne faisait pas de distinction marquée entre la validité des faits résultant de l'expérience scientifique et celle des théories et hypothèses par lesquelles l'homme résumait les phénomènes. Comme on s'intéressait peu aux jeunes de niveau scolaire moyen ou inférieur à la moyenne, les cours de sciences étaient souvent difficiles à comprendre.

Les cours étaient conçus selon ce qu'on estimait être un schéma logique, c'est-à-dire que des expériences intervenaient de temps en temps pour confirmer ou « prouver » les théories et les hypothèses présentées. Il était prévu d'autres activités expérimentales de mesure de quantités en physique et en chimie, d'analyse de substances non identifiées ou de dosage des divers constituants d'une solution. L'enseignement de la biologie comportait peu d'expérimentation, mais beaucoup d'observations minutieuses et de classification.

Toutes ces tendances ont marqué de façon persistante l'enseignement des sciences dans les écoles du monde entier. De grands efforts ont été déployés ces trente ou quarante dernières années pour offrir un enseignement scientifique à tous les enfants, y compris les plus jeunes, les moins doués et même les moins motivés. Les travaux pratiques sont considérés par la plupart des responsables de l'élaboration des programmes comme la base même de l'enseignement scientifique et non comme le simple complément d'un cours théorique. Un autre élément important (qui se développe lentement) est la prise de conscience du fait que les résultats de l'expérience humaine, enregistrés avec précision et bien assimilés, peuvent être traités comme des faits, alors que toute tentative d'explication des phénomènes est sujette à une remise en question et à des modifications permanentes.

Ce changement d'orientation de l'enseignement scientifique exige un complet renouvellement des matériels et des programmes. Les activités pratiques sont de plus en plus intégrées à l'enseignement et la séparation entre cours théoriques et travaux pratiques s'efface lentement.

L'une des conséquences immédiates de la réforme des programmes intervenue à partir de 1945 a été la mise au point de nombreux matériels nouveaux expressément conçus pour faciliter la compréhension des concepts scientifiques. Dans le passé, ces matériels étaient assez peu nombreux. La plupart des objets qui servaient à l'enseignement des sciences étaient conçus, avec certaines adaptations, sur le modèle du matériel scientifique utilisé dans la recherche ou l'industrie. Beaucoup de matériels de qualité ainsi conçus spécialement pour l'enseignement sont caractérisés notamment par le fait qu'ils sont faciles à manipuler et donnent directement la mesure des paramètres sans qu'il soit nécessaire de les calculer à partir d'effets secondaires et de la mesure d'autres quantités.

On observe à l'heure actuelle un regain d'intérêt pour l'emploi dans l'enseignement d'appareils qui n'ont pas été spécifiquement conçus à cet effet, depuis les ustensiles ménagers dans le cas de l'enseignement à de jeunes enfants jusqu'aux compteurs digitaux et aux microprocesseurs au niveau de l'enseignement secondaire.

Progrès récents du matériel d'apprentissage

Tous les responsables de l'élaboration des programmes connaissent le même problème, à savoir que de nombreuses pressions s'exercent en faveur du maintien des techniques expérimentales traditionnelles alors que le souci d'un apprentissage plus efficace (et souvent moins coûteux) milite en faveur d'un changement. On peut citer pour illustrer ce point l'exemple d'instruments utilisés dans l'enseignement de la biologie, de la physique et de la chimie.

Le microscope et l'apprentissage

Le microscope a été conçu pour la recherche. Ce n'est que récemment qu'on l'a modifié pour l'adapter aux nécessités de l'enseignement (sans parler de son coût qui a diminué). On notera, entre autres, les changements suivants : *a)* objectifs à focale égale (inutile de procéder à une nouvelle mise au point quand on change d'objectifs) ; *b)* contraste renforcé (important pour les lames non ou peu colorées) ; *c)* éléments difficiles à démonter ; *d)* condensateurs fixes (grâce à des lentilles normalisées à objectifs à focale fixe) ; *e)* remplacement des diaphragmes à iris fragiles et coûteux par des diaphragmes à disque perforé ; *f)* système incorporé de protection des lames et du mécanisme.

Il n'est plus nécessaire de passer plusieurs heures à enseigner les techniques du microscope alors que des grossissements de 400 fois suffisent.

L'attention peut ainsi se porter sur ce qu'on voit plutôt que sur le mode d'utilisation de ce qui est avant tout un outil d'apprentissage. Le microscope n'est pas un instrument qui justifie en soi de retenir longtemps l'attention.

La balance

L'enseignement de la chimie est resté tellement traditionnel que certains enseignants continuent de penser qu'il faut apprendre aux élèves à utiliser les balances traditionnelles à fléau. Dans bien des cas, les heures de travaux pratiques passées à peser des corps seraient plus utilement consacrées à l'étude de la chimie. On observe toujours une réticence à utiliser des balances qui, en quelques secondes, donnent la masse d'un corps avec une précision autrefois impossible à atteindre. Pourtant, grâce à la rapidité de réponse des balances numériques modernes, il en faudrait si peu qu'elles coûteraient finalement moins cher que les balances traditionnelles remplissant la même fonction. C'est là un exemple de cas où la demande persistante d'un instrument scientifique démodé fait qu'on continue de fabriquer un appareil rarement utilisé dans la recherche ou l'industrie.

Le pendule et l'apprentissage des lois de la pesanteur

Dans les écoles du monde entier, les nécessaires de matériel scientifique comportent une bille en métal (en laiton le plus souvent) à laquelle est attaché un anneau qu'on utilise comme pendule pour mesurer l'accélération due à la pesanteur. Voilà un bon exemple de dispositif fournissant un renseignement utilisable pour calculer g à l'aide d'une formule que très peu d'élèves sont capables de déduire de principes premiers. Il perpétue également l'idée qu'un pendule simple consiste nécessairement en une sphère métallique suspendue à un support spécialement conçu à cet effet. Or un simple caillou suspendu à un clou par un fil peut, au niveau scolaire, remplir le même rôle.

L'accélération de la pesanteur peut maintenant être mise en évidence au moyen d'un chronographe très simple qui mesure directement la distance parcourue par un corps dans sa chute et le temps de chute. L'exactitude de la détermination de g en souffre peut-être, mais, au moins, l'élève comprend généralement la méthode de calcul qu'il applique.

L'héritage du XIX^{e} siècle

On a tenté, dans le tableau 1 ci-après, de résumer l'évolution de certains matériels scientifiques. Les responsables de l'élaboration des programmes y trouveront l'indication des ancêtres des nouveaux appareils utilisés. On peut aussi se demander, au vu de ce tableau, pourquoi tant de vestiges du passé survivent dans nos écoles et collèges.

Il est plus difficile de concevoir de nouvelles activités pour étudier les nouveaux aspects de la science que de remplacer un appareil par un autre. Il est encore plus difficile de supprimer de l'enseignement un appareil familier et les activités correspondantes. Nombre d'éléments traditionnels des programmes scolaires y ont trouvé leur place à cause du rôle qu'ils ont joué dans le progrès de la science il y a un siècle. D'autres, comme les méthodes optiques de correction de parallaxe et la méthode des mélanges dans les expériences de calorimétrie, se perpétuent sans changement parce qu'ils sont bon marché. Ainsi, une grande partie de l'enseignement de la physique est encore consacrée à

Tableau 1. Évolution de certains matériels scientifiques

Instruments	Évolution et nouveautés
Microscopes de recherche	Microscopes à propriétés mécaniques et optiques améliorées en facilitant l'emploi
Balances à fléau à bras égaux	Balances à curseur. Balances automatiques et semi-automatiques.
Instruments de mesure délicats à bobinage et aimant mobiles	Instruments électroniques à mécanisme protégé. Compteurs électroniques numériques
Bancs d'optique de précision	Bancs d'optique simples (la précision est secondaire si l'on utilise des lentilles simples)
Cloches à gaz et cuves à eau	Seringues à gaz
Machine d'Attwood	Chronographe à ruban de papier
Boîtes de résistances se branchant sur un circuit électrique	Résistances de précision à bon marché et interrupteurs à basse résistance
Appareils optiques d'interférences et de diffraction	Lasers à faible puissance et unités radio à micro-ondes

l'optique et à la calorimétrie. Certains domaines de la science comme la physique nucléaire, l'électronique, la chimie organique et l'écologie sont encore trop négligés. Le manque de matériel adéquat pour l'étude de ces domaines n'est plus une excuse suffisante. L'inertie des institutions et des pédagogues contribue certainement aussi à cet état de choses.

Conception du matériel et élaboration des programmes

La réforme, il y a plusieurs années, de l'enseignement des sciences, en URSS tout d'abord, puis plus tard en République fédérale d'Allemagne, au Royaume-Uni et aux États-Unis d'Amérique, a été caractérisée par une étroite association entre les rédacteurs des manuels et les concepteurs du matériel. Dans de nombreux cas, la même personne remplissait les deux fonctions.

Cette étroite coopération n'est pas toujours apparente. Nous sommes arrivés à un stade où de sérieux problèmes se posent parce que l'on manque de matériel pour le genre d'enseignement scientifique axé sur les activités des élèves qu'on s'efforce actuellement d'instituer et de développer.

Cela ne fait aucun doute que les gouvernements font beaucoup plus de place à l'enseignement des sciences par le moyen indirect du texte imprimé plutôt qu'à l'expérience directe. Dans la plupart des pays, les plans relatifs à l'élaboration de programmes donnant la priorité aux manuels ne manquent pas. Mais plus rares sont les pays qui disposent d'équipes efficaces de conception et de production de matériel et, dans la plupart des cas, le travail de ces équipes n'est pas coordonné avec celui des équipes chargées de l'élaboration des manuels. Les priorités adoptées par les gouvernements se reflètent dans les programmes d'aide bilatérale et multilatérale. Sans le Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD), l'Unesco, le FISE/Unicef et le Secrétariat du Commonwealth, les activités de mise au point et de production de matériels d'enseignement scientifique n'auraient guère d'appui.

La politique du FISE/Unicef tend à développer les services de base à l'intention des jeunes enfants défavorisés. Pour résoudre le problème plus complexe et plus coûteux de la fourniture du matériel scientifique efficace aux établissements d'enseignement secondaire, l'aide des gouvernements et l'aide extérieure devront être considérablement renforcées.

Matériel destiné aux écoles primaires

Étant donné qu'au niveau de l'école primaire peu d'enfants sont capables de penser en termes abstraits, les expériences d'apprentissage destinées à faciliter la compréhension des concepts scientifiques ne servent pas à grand-chose. Ce qu'on peut faire, c'est offrir à ces enfants l'occasion d'enrichir leur expérience et leurs observations, ce qui les aidera plus tard à acquérir cette compréhension. Dans beaucoup de pays comme l'Inde, le Pakistan et les Philippines, les écoles primaires sont dotées de jeux de matériel scientifique comprenant des objets similaires à ceux qu'on trouve dans les écoles secondaires. La tendance actuelle, dans ces pays et dans d'autres, est d'utiliser, autant que faire se peut, des articles qu'il est possible de se procurer localement. Dans les écoles primaires thaïlandaises, par exemple, au lieu de mesures de capacité cylindriques en plastique ou en verre, on utilise des gobelets-mesureurs servant généralement pour la cuisine.

La recherche de matériel local susceptible de servir à l'enseignement des sciences peut demander autant de temps que la mise au point d'objets spécifiquement destinés à cet usage. Mais cette option devrait toujours être prise en considération. Il faudra toujours prévoir certains matériels, dont sans doute des instruments de mesure tels que balances simples, règles, thermomètres et, dans beaucoup de pays, des mesures de capacité.

Il faudrait aussi prévoir, parmi les fournitures scolaires réglementaires, des articles tels que des aimants, des loupes, etc.

Nécessaires scientifiques pour les écoles primaires

Le matériel scientifique scolaire est souvent fourni, surtout dans le primaire, sous la forme de nécessaires dont l'intérêt est qu'ils peuvent, d'un point de vue administratif, être traités comme des manuels. Cependant, cela peut présenter des inconvénients lorsque les aspects logistiques de la production, de l'emballage et de la livraison du matériel ne sont pas suffisamment pris en considération.

L'un de ces inconvénients tient à ce que la plupart des nécessaires en question contiennent des fournitures consomptibles dont certaines, comme les piles électriques, ne peuvent se conserver que très peu de temps. Dans certains cas, le seul moyen qu'ont les écoles de remplacer ces fournitures (du papier filtre par exemple) consiste à faire l'acquisition d'un nouveau nécessaire !

On commence à présent à voir des nécessaires d'expérimentation scientifique qui contiennent des objets durables, comme des balances, et de nombreux articles consomptibles qu'on trouve localement dans le commerce et qui peuvent donc être facilement remplacés. De toute évidence, ce système de renouvellement du matériel n'est valable que si les écoles primaires disposent à cet effet d'un budget suffisant. Dans les pays riches, le nécessaire est remplacé par une liste des articles à acheter. Ces listes sont établies par les centres d'élaboration des programmes, qui veillent à ne faire figurer sur la liste que des articles faciles à trouver.

En tout état de cause, le maintien en état des assortiments de matériel est difficile lorsqu'il n'a pas été affecté de fonds à cet effet. L'un des « avantages » des nécessaires est qu'ils sont souvent fournis dans une caisse qui peut être fermée à clef. Beaucoup d'enseignants ne laissent jamais les enfants se servir du matériel (et s'en servent rarement eux-mêmes) parce qu'ils sont responsables en cas de perte ou de détérioration.

Matériel pour les écoles secondaires

Il est beaucoup plus difficile de faire des généralisations en ce qui concerne le matériel scientifique utilisé dans l'enseignement secondaire, les objectifs pédagogiques variant d'un pays à l'autre et à l'intérieur d'un même pays. On observe une tendance à enseigner les matières scientifiques de façon intégrée notamment au début du secondaire ou lorsqu'il ne s'agit pas d'élèves se destinant à des professions scientifiques.

Les décisions qui tendent à intégrer les divers cours ou à offrir le choix entre plusieurs cours ou entre plusieurs options à l'intérieur d'un même cours sont le type même de celles qui exigent une coopération étroite entre les responsables de l'élaboration du matériel et des manuels. A l'heure actuelle, la plupart des professeurs de sciences de l'enseignement secondaire reçoivent leur formation dans des disciplines distinctes comme la biologie, la chimie et la physique, dans le cadre de cours offrant peu de possibilités de choix. Cela est une cause de réelles difficultés pour l'organisation d'enseignements scientifiques intégrés comportant diverses options au choix de l'élève. L'absence de matériel approprié est un autre problème important.

Les progrès techniques récents peuvent minimiser ces difficultés. Par exemple, un même instrument de base, numérique ou analogique, peut, si on lui adapte les accessoires voulus, remplir des fonctions très diverses et mesurer par exemple les températures, le pH, l'humidité, le bruit, outre des paramètres plus habituels comme la tension électrique ou l'intensité d'un courant. Il ne fait aucun doute qu'on puisse bientôt effectuer ainsi d'autres mesures, par exemple celle de la force pour déterminer le poids d'un corps.

Matériel polyvalent

Il existe deux grandes catégories de matériel polyvalent : le matériel utilisable dans de nombreux domaines d'activité scientifique, comme les balances et les instruments de mesure, et le matériel dont un même élément peut remplir différentes fonctions.

Les matériels de la première catégorie peuvent être extrêmement utiles, à condition d'être disponibles en quantités suffisantes. Des problèmes se posent avec ceux de la deuxième catégorie.

La simple barre qui peut servir aussi bien de fléau de balance que de banc d'optique, de rail de roulement ou de support de cornue témoigne de l'ingéniosité de celui qui l'adapte à ces divers usages, mais elle ne remplit qu'une seule de ces fonctions à la fois. Lorsque beaucoup d'élèves doivent manipuler le matériel, il peut s'avérer plus économique de fabriquer plusieurs objets différents qu'un seul polyvalent. Le matériel polyvalent est surtout utile aux fins de démonstration.

Le coût du matériel scientifique scolaire pourrait être considérablement réduit s'il était possible de for-

Tableau 2. Élaboration des programmes d'enseignement : processus

1. Décisions concernant : *a)* les âges ; *b)* les aptitudes ; *c)* les centres d'intérêt du groupe visé.
2. Mise au point des objectifs pédagogiques des points de vue suivants : *a)* préparation à une activité professionnelle ; *b)* préparation à la vie en société ; *c)* démarches scientifiques à étudier ; *d)* sujets à étudier.
3. Organisation séquentielle de l'enseignement.
4. Décisions concernant l'équilibre entre : *a)* les manipulations des élèves ; *b)* les démonstrations du maître ; *c)* les activités apportant une expérience indirecte (moyens audiovisuels et manuels).

Élaboration des manuels	*Mise au point du matériel*
5. Élaboration de projets de leçons pour mini-expériences.	Mise au point de matériel prototype pour mini-expériences.
6. Mise à l'essai d'éléments du futur programme.	Mise à l'essai d'éléments du futur programme.
7. Élaboration d'un projet de texte de manuel pour la première année de l'enseignement (puis les deuxième, troisième années, etc.).	Mise au point du matériel prototype pour la première année de l'enseignement (puis pour les deuxième, troisième années, etc.).
8. Examen du projet de manuel par l'équipe responsable du programme d'enseignement.	Mise à l'essai des prototypes par l'équipe responsable du programme d'enseignement.
9. Production d'un nombre suffisant d'exemplaires du texte du premier projet aux fins d'essai.	Production d'un nombre suffisant de prototypes aux fins d'essais.
10. Mise à l'essai du projet dans les écoles.	Essai du matériel prototype dans les écoles.
11. Évaluation du texte du manuel expérimental.	Évaluation du matériel expérimental.
12. Remaniement du projet à la lumière de l'expérience préliminaire (une deuxième ou même une troisième série d'essais pourra être nécessaire).	Modification du matériel à la lumière de l'expérience (une deuxième ou même une troisième série d'essais pourra être nécessaire).
13. Mise au point de la présentation du manuel (mise en page ; illustrations).	Étude du matériel de production en série.
14. Étude approfondie de la présentation du texte final.	Essai minutieux du matériel de production.
15. Production de livres du maître (avec le mode d'emploi du matériel).	Mise au point des procédures d'entretien et de réparation du matériel.
16. Préparation des enseignants au nouvel enseignement prévu.	Préparation des enseignants au nouvel enseignement prévu.
17. Impression en un grand nombre d'exemplaires.	Production en série.
18. Emballage et distribution.	Emballage et distribution du matériel.
19. Dispositions relatives au remplacement des livres usagés.	Dispositions relatives au remplacement des articles consomptibles et à la réparation du matériel durable.

mer des groupes séparés exécutant des manipulations connexes, mais différentes. Cela suppose une étroite coopération entre la mise au point du matériel et celle des manuels. La décision doit être prise au tout début de l'élaboration des programmes.

Mise au point des programmes, des manuels et du matériel

Si la question du matériel scientifique scolaire soulève tant de difficultés, c'est parce que trop peu d'éducateurs voient dans la mise au point de ce matériel un élément essentiel de l'élaboration des programmes d'enseignement. Pourtant, les processus de base sont similaires et doivent être simultanés. Sans doute faudrait-il considérer la conception du matériel et celle des manuels comme faisant partie intégrante du processus d'élaboration des programmes (voir tableau 2).

Il apparaît clairement que les deux opérations – élaboration des manuels et mise au point du matériel – sont si étroitement liées que, s'il n'y a pas entre elles une coordination suffisante, on s'expose à des difficultés. Pourtant, très peu de pays font intervenir des bureaux d'aide du matériel dans l'élaboration des programmes d'enseignement. Lorsque ces bureaux existent, on les considère souvent comme des unités au service de l'élaboration des manuels.

La plupart des éducateurs connaissent mieux les techniques de la rédaction que celles de la fabrication du matériel. Même en ce qui concerne l'élaboration des manuels, l'importance technique de l'éditeur, dans les pays développés, n'est pas pleinement comprise. Dans les pays où les éditeurs ont peu d'expérience de l'élaboration d'ouvrages pour enfants ou d'ouvrages éducatifs, le texte est souvent mal présenté. Il est significatif de constater que l'un des centres de pédagogie scientifique d'Asie ayant le plus d'expérience, celui des Philippines, veille lui-même à la présentation des ouvrages et des illustrations. Le Science Education Centre (Centre pédagogique pour l'enseignement des sciences) de l'Université des Philippines est aussi responsable de toutes les étapes de l'élaboration des manuels énumérés plus haut, à l'exception de celles des rubriques 17 à 19, qu'il con-

trôle en étroite collaboration avec les responsables. En ce qui concerne la mise au point du matériel, il collabore avec un Centre d'étude de matériel rattaché au Collège de sciences de l'ingénieur qui est proche du Science Education Centre[1].

Les procédures de mise au point du matériel sont très variables. On trouve des exemples de toutes les situations ci-après :

Séparation entre la mise au point des manuels et celle du matériel.

Séparation entre l'étude des prototypes et celle du matériel industriel, qui sont assurées par des unités opérationnelles distinctes.

Élaboration des textes avant toute étude de matériel.

Étude et production du matériel sans aucune référence aux manuels.

Fabrication, à grands frais, d'appareils existant déjà sur le marché à bas prix (par exemple, des systèmes de poulies).

Incompréhension des problèmes que pose la fabrication en série.

Incompréhension des problèmes de distribution.

Approvisionnement en pièces détachées et en articles consomptibles non assuré.

Les trois derniers exemples n'ont pas d'équivalent dans la production des manuels. D'ailleurs, si l'on suggère souvent de faire fabriquer le matériel par les élèves et les maîtres eux-mêmes, on n'entend jamais formuler la même idée pour l'impression des manuels, tâche qui présente pourtant moins de difficultés techniques. Que conclure, sinon que la fourniture de matériel scientifique n'est pas, et de loin, considérée par les éducateurs comme aussi importante que celle des manuels. Nulle part cela n'est aussi évident que dans le domaine de l'évaluation.

La meilleure façon de juger de la valeur d'un programme d'enseignement des sciences consiste à évaluer les résultats obtenus par les élèves. On constatera alors souvent que rares sont les enseignements où l'on attend des élèves qu'ils travaillent comme le font la plupart des scientifiques, c'est-à-dire avec du matériel et des instruments. Même dans les cas où l'on a pris soin d'établir des objectifs comportementaux comprenant l'aptitude à réaliser des expériences scientifiques, on juge surtout les élèves par leur aptitude à répéter ce qu'ils ont appris dans des manuels.

Certes, beaucoup de manuels scolaires et de livres du maître, parmi les mieux conçus, mettent l'accent sur les travaux pratiques. Mais la plupart des enseignants se concentrent sur l'enseignement des connaissances ou aptitudes qui sont prises en considération dans le processus d'évaluation.

La décision la plus importante que doivent prendre les responsables de l'élaboration des programmes, s'ils veulent que l'enseignement des sciences comporte des manipulations de matériel, est sans doute d'inclure dans l'évaluation des élèves des tests de performance fondés sur la réalisation de travaux pratiqués avec manipulations. Ces tests peuvent servir à diagnostiquer la progression des élèves ou à évaluer leurs connaissances.

Dans le primaire et le secondaire, les élèves de sciences ont rarement des épreuves de travaux pratiques ; quant à l'enseignement supérieur, beaucoup d'enseignants gardent encore en mémoire les tests de leurs années d'université qui, trop souvent, n'étaient que la simple répétition d'opérations de mesure classiques.

Nombre d'enseignants redoutent le coût – en matériel et en temps – d'un système où l'on évalue le niveau de performance des élèves au moyen de tests pratiques. D'autres s'inquiètent de l'objectivité de ces tests, considérant que, dans bien des cas, ils admettent plusieurs résultats « justes ». Sans doute devrait-on s'inquiéter plutôt de la valeur des méthodes actuelles d'évaluation des élèves : l'objectivité importe peu quand la méthode d'évaluation n'est pas adaptée aux objectifs pédagogiques.

Il est sans doute plus long de faire passer un test de travaux pratiques qu'un test écrit, mais un tel test peut s'inscrire dans le processus d'apprentissage, en particulier lorsqu'il s'agit d'un test diagnostique. La question du coût est liée à celle du coût de l'emploi du matériel aux fins d'enseignement. Si l'on dispose de matériel et d'instruments pour enseigner, on peut s'en servir pour l'évaluation, en particulier si l'on s'arrange pour que les élèves passent des tests différents en même temps. L'un des avantages de beaucoup de tests de performance tient au fait qu'ils demeurent valables même si les élèves ont déjà vu leurs camarades exécuter la même manipulation.

On trouvera énumérés ci-après (tableau 3) divers tests de performance concernant divers aspects de l'étude des sciences, qui peuvent être proposés à différents âges.

Conclusion

S'il est assez peu fait usage de matériel scientifique scolaire dans le monde entier, cela tient au fait que les

1. Installé désormais dans de nouveaux locaux, sous la direction du National Science Development Board.

responsables de l'élaboration des programmes scolaires attachent moins d'importance à la fourniture et à l'emploi de ce matériel qu'à ceux des manuels. Il en est résulté un système d'éducation qui privilégie l'apprentissage livresque, de sorte que peu d'éducateurs savent utiliser efficacement le matériel et les instruments.

On se trouve ainsi confronté à un réel danger : celui de voir se creuser encore plus le fossé qui sépare, dans bien des cas, le monde du travail et le système scolaire. La société a besoin de citoyens capables d'utiliser leurs connaissances : la mémoire et même la compréhension seules ne suffisent pas. Les professeurs de sciences ont le moyen d'introduire des activités manuelles au tout début de la scolarité et de développer ensuite ces activités qui, en habituant les élèves à utiliser intelligemment les matériels à leur disposition, leur permettront ensuite de vivre chez eux plus agréablement et de trouver plus de satisfaction dans leur travail.

Tableau 3. Tests de performance pour l'étude des sciences

Enseignement primaire

1. Demander aux enfants d'apporter cinq spécimens différents de plantes, de fleurs, de fruits, d'animaux, d'insectes, etc.
2. Demander aux enfants de construire quelque chose avec des matériaux faciles à trouver (par exemple des ponts en papier et bambou) en se conformant à des instructions écrites.
3. Donner aux enfants une boîte contenant divers fragments de matériaux et leur demander : lequel flotte ; lequel est attiré par un aimant ; lequel est conducteur d'électricité.
4. Demander aux enfants de peser un objet.
5. Demander aux enfants de mesurer la longueur d'un objet.
6. Demander aux enfants de mesurer le volume d'un liquide.

Enseignement secondaire

1. Identifier des substances inconnues au moyen d'essais physiques ou chimiques.
2. En électricité, identifier le contenu ou les éléments constitutifs d'une boîte noire d'où sortent deux fils électriques ou davantage.

Le bâtiment des sciences du National Council for Educational Research and Training (NCERT) de l'Institut national d'éducation à New Delhi (Inde), avec, derrière, les ateliers.

M. Crellin propose que le matériel scientifique et les manuels soient mis au point conjointement et considérés comme des éléments complémentaires de l'élaboration des programmes d'enseignement. Il est d'avis que les responsables des programmes scolaires perpétuent l'enseignement traditionnel des sciences d'il y a plus d'un siècle.

Bien qu'il puisse y avoir une part de vérité dans cette opinion, l'article ci-après montre comment un service responsable de l'élaboration des programmes scolaires a su se débarrasser du carcan de la tradition.

L'évolution du matériel d'enseignement scientifique au Brésil et ses rapports avec les programmes

Isaias Raw

Introduction

L'enseignement des sciences au Brésil a emprunté la voie traditionnelle des pays latino-américains. Le gouvernement fixait le programme sur lequel était calquée la table des matières des manuels, tous identiques quant à leurs contenus et leurs méthodes. Les sciences étaient une accumulation de mots étranges, de définitions et de concepts à apprendre par cœur. Le matériel de laboratoire, quand il existait, se composait d'appareils de démonstration chromés et coûteux, commandés à l'étranger à des fournisseurs traditionnels. Le matériel et les fournitures (souvent même l'eau distillée) étaient soigneusement gardés dans des armoires vitrées. Chaque fois qu'un professeur décidait de s'en servir, c'était uniquement à des fins de démonstration. La « vérité » scientifique à apprendre était soigneusement annoncée à l'avance et l'expérience venait ou non confirmer cette vérité. Dans le cas où l'expérience avait échoué, le manuel et le professeur continuaient à faire autorité. Pour plus de sûreté, la plupart des professeurs se contentaient de montrer les appareils à leurs élèves. On en arrivait à montrer des appareils factices, par exemple un spectroscope sans prisme.

Telle était la situation de l'enseignement des sciences au lycée au début des années 50 lorsque la FUNBEC[1] (au début l'IBECC[2]) de São Paulo commença à intervenir, sous l'impulsion d'un groupe de professeurs d'université qui s'intéressaient à la formation du personnel scientifique et au développement de la recherche au Brésil. Le groupe n'était pas habilité à réviser les programmes scolaires. Et aucune réforme des programmes n'avait jamais apporté de changements fondamentaux dans la façon dont l'enseignement des sciences était mené. L'objectif initial de la FUNBEC était de favoriser la formation d'une élite scientifique en encourageant les jeunes qui pourraient être motivés à consacrer une partie de leur temps à la science non pas en lisant des ouvrages sur la science, mais en commençant à se comporter en chercheurs, c'est-à-dire en procédant à des expériences pour en tirer des conclusions.

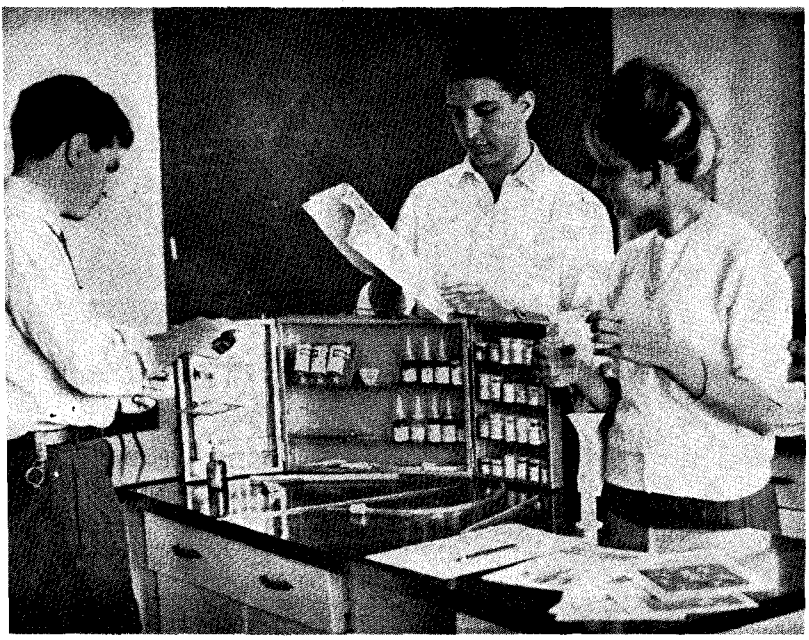
Nécessaires d'expérimentation scientifique

Au départ, il n'était pas possible d'opérer des changements par l'intermédiaire du système scolaire. Il fut donc décidé d'organiser un centre modeste où les élèves intéressés pourraient réaliser des expériences. Bien que cette méthode reste valable et applicable ailleurs, l'ouverture de laboratoires d'université à des élèves de lycée n'eut pas l'effet escompté. S'appuyant sur les enseignements de cette première expérience, le groupe mit au point plusieurs « nécessaires d'expérimentation scientifique ». Ces nécessaires pouvaient être achetés au prix coûtant auprès de l'organisation, et un stock de divers articles fut constitué pour la vente aux élèves. Ces nécessaires étaient accompagnés de brochures où l'on décrivait des expériences simples.

Il y avait, par exemple, le nécessaire de chimie, qui tenait dans une mallette. Il se composait d'articles de verrerie, de produits chimiques, d'un brûleur à alcool, de papier-filtre, d'un support simple, etc. L'achat de ce nécessaire donnait à son acquéreur le droit de recevoir périodiquement un magazine, dont une vingtaine de numéros furent édités.

Pour atteindre l'immense majorité des jeunes qui n'avaient pas les moyens d'acheter les nécessaires de laboratoire, on décida de constituer de petits coffrets contenant le matériel requis pour faire des expériences sur un sujet précis. Ce fut l'origine des nécessaires

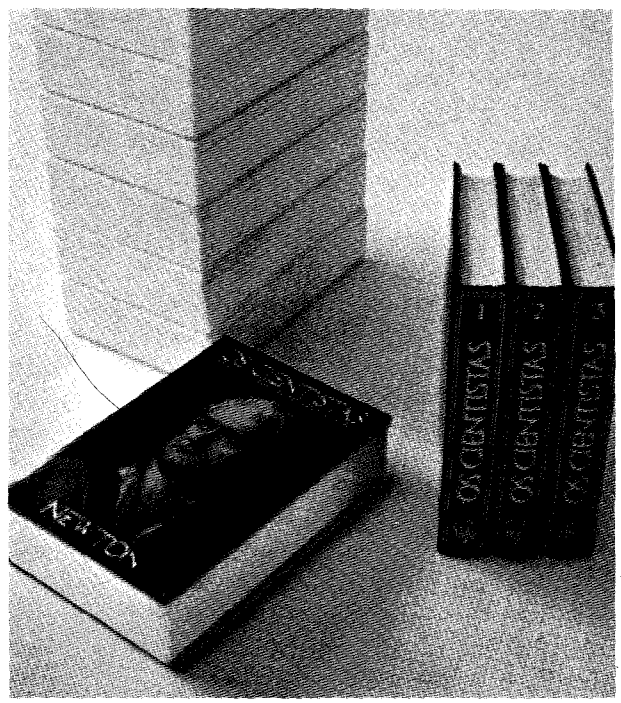
1. Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do enseno de Ciências (Fondation brésilienne pour le développement de l'enseignement des sciences), fondée en 1967.
2. Instituto Brasileiro de Educação, Ciências e Cultura (Institut brésilien pour l'éducation, la science et la culture), Commission brésilienne pour l'Unesco, organisme à but non lucratif.



Un nécessaire de chimie.

« de poche ». Ils ressemblaient à des livres de poche en volume double. Ils contenaient plusieurs articles de matériel d'expérimentation et une petite brochure. Compte tenu des contraintes de format et de prix, la tâche était ambitieuse. Néanmoins, ces coffrets furent produits en grand nombre. Certains s'adressaient aux enfants de 9 et 11 ans : *Le jeu des miroirs* (pour découvrir la symétrie), *Allumons la lumière* (pour apprendre à relier une ampoule électrique à une pile et à construire un interrupteur double et un circuit de feux de signalisation), *As-tu de la chance ?* (pour vérifier le rôle de la chance lorsqu'on joue à pile ou face, savoir si un dé est légèrement truqué et acquérir ainsi les principes fondamentaux de l'expérimentation contrôlée et de l'analyse statistique). La plupart des coffrets étaient destinés aux élèves du premier cycle de l'enseignement secondaire (de 11 à 15 ans). Il y avait des coffrets de chimie *(Taille des molécules ; Chromatographie),* de biologie *(Éléments nécessaires à la croissance des plantes ; Aliments et calories ; Aliments indispensables aux animaux),* de physique *(Les piles électriques ; Qu'est-ce que l'électricité ; Les forces, La polarisation)* et même d'informatique *(L'ordinateur qui apprend).* D'autres s'adressaient à des élèves plus âgés. Il s'agissait de coffrets plus complexes, comme ceux qui permettaient d'étudier la teneur en enzymes de pois lisses et de pois ridés, ou de construire un spectroscope permettant de comparer l'absorption de la lumière par la chlorophylle et l'efficacité de la photosynthèse selon la longueur d'onde de la lumière.

L'IBECC-FUNBEC était en mesure de produire et de commercialiser des coffrets dans la ville de Sao Paulo, mais il fallait toucher les jeunes dans un rayon beaucoup plus large. Chose curieuse, la solution apparut à la suite du lancement des coffrets d'histoire de la science : *Leeuwenhoek et les animalcules ; Pasteur et la génération spontanée ; Koch et la cause des maladies ; Volta et les piles électriques ; Franklin et la mesure de l'électricité.* Cette idée séduisit l'éditeur d'une revue qui assura la diffusion d'une série de coffrets. Chacun était vendu dans une boîte en polystyrène un peu plus grande qu'un livre de poche. Elle contenait un assortiment de matériel et une brochure d'instructions détaillées pour la réalisation des expériences. Cette boîte avait une couverture semblable à celle d'un livre (elle bénéficiait ainsi des exemptions fiscales en faveur des livres) où figurait la biographie du savant. Ces livres-coffrets intitulés « Os cientistas » (« Les savants »), étaient vendus dans les kiosques de tout le Brésil (le pays ne compte guère plus de 200 librairies, mais les kiosques à journaux sont au nombre de plusieurs milliers). Cinquante de ces coffrets historiques furent réalisés et mis en vente au rythme d'un par semaine. Les premiers furent vendus à 200 000 exemplaires, puis les ventes baissèrent



Un des coffrets en format de poche de la série « Os cientistas » (« Les savants »).

jusqu'à 10 000 exemplaires pour les derniers. Cela donne une indication du nombre de jeunes qui, avec l'aide de leurs parents, continuèrent pendant près de deux ans à acheter du matériel et à faire des expériences.

La collection « Les savants » a peut-être été le plus important projet d'enseignement scientifique extrascolaire du monde. Malgré son immense succès initial, son impact s'est réduit au fil des mois. La génération qui a acheté et utilisé ces coffrets est maintenant à l'université. Pourtant, à cause des problèmes de commercialisation et parce que l'attrait de la nouveauté est épuisé, l'idée ne pourra sans doute pas être reprise avant une dizaine d'années.

Ce projet a exigé du personnel de la FUNBEC qu'il apprenne non seulement à fabriquer un produit satisfaisant sur le plan pédagogique, avec des instructions claires et un vocabulaire soigneusement adapté à son jeune public, mais aussi à concevoir un coffret qui se prête à une production en série bon marché et dont la présentation soignée soit susceptible de séduire l'acheteur (le plus souvent les parents, mais aussi les jeunes). Il s'est agi d'un véritable apprentissage de la conception et de la production industrielles. On édite maintenant une série permanente de coffrets en format de poche (« Eureka ! ») qui est toujours distribuée par les librairies et les kiosques. En outre, pour tirer parti du marché du jouet, il a été produit un coffret de taille moyenne qui est conditionné de façon attrayante afin de convaincre le client, le plus souvent adulte, d'offrir ce coffret à un jeune pour l'initier à la science véritable.

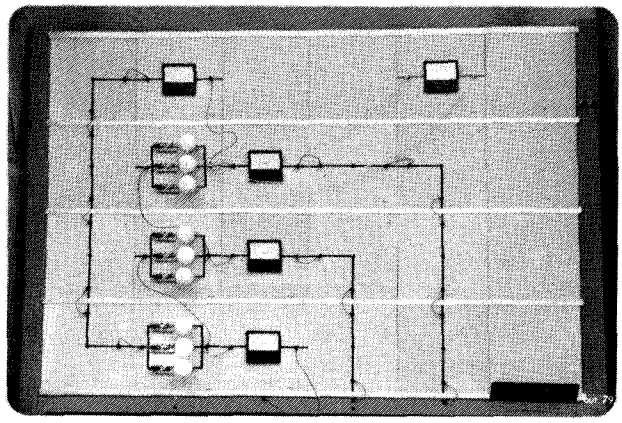
Éléments du nécessaire de Bernoulli.

Un des coffrets en format de poche de la série « Eureka ! ».

Des coffrets au matériel scolaire

Les jeunes qui achetaient les coffrets les apportaient à l'école et proposaient à leurs professeurs des expériences ouvertes qui n'étaient pas décrites dans les manuels traditionnels. Les professeurs les plus qualifiés s'aperçurent que les élèves pouvaient effectivement faire des manipulations et acquérir ainsi des connaissances. Il n'était pas indispensable d'avoir du matériel coûteux et rutilant importé des pays industriels. En fait, c'était les appareils simples et bon marché qui permettaient à des élèves ou à des groupes d'élèves de faire des expériences. Les responsables de l'enseignement firent les mêmes constatations. Ils se rendirent compte qu'ils pouvaient effectivement équiper des laboratoires avec les budgets limités dont ils disposaient. Un gouverneur, qui devait devenir président, étala sur le sol de son bureau le contenu d'un de ces coffrets de chimie pour les adolescents et décida

Un des coffrets scientifiques vendus dans les magasins de jouets.



Module de travaux pratiques pour les établissements d'enseignement secondaire.

sur-le-champ que chaque école devait en avoir un !

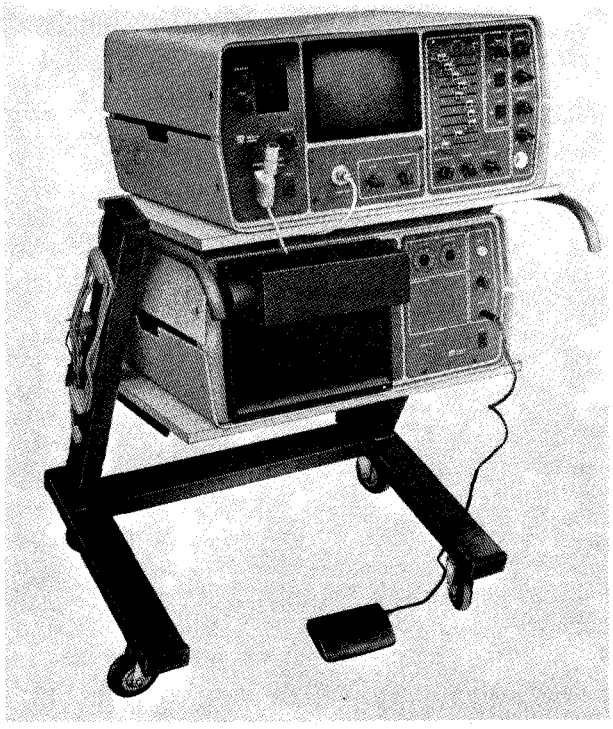
L'étape suivante (bien que les événements n'aient pas été exactement consécutifs) a été, pour la FUNBEC, de fournir aux écoles du matériel simple et des instructions sur la façon de l'utiliser. Des assortiments de matériel de laboratoire de science furent donc ainsi produits et fournis aux écoles et aux établissements d'enseignement à des coûts qui permettaient à la FUNBEC, comme dans le cas des coffrets, de rentrer dans ses frais et de continuer à produire et à innover. Bien qu'étant une organisation sans but lucratif, la FUNBEC n'a jamais prétendu au monopole, car cela aurait pu être préjudiciable à long terme si l'organisation, se prévalant d'un tel monopole, ne continuait pas à innover ou perdait de son efficacité. D'autres petites sociétés virent donc le jour et les marchés avec les écoles publiques furent conclus par adjudication. En 1979, la FUNBEC produisit du matériel scolaire pour un montant d'environ 3 millions de dollars. La production est fonction des crédits alloués. Elle peut donc aussi bien représenter un tiers de ce montant pour une année donnée qu'un montant cinq à dix fois supérieur l'année suivante. Cette activité permit de créer des emplois et de réaliser d'importantes économies en devises fortes (l'importation d'un matériel de démonstration comparable coûterait environ dix fois plus cher). En outre, elle est une source continue d'innovation. La FUNBEC propose aujourd'hui toute une variété de coffrets, organisés en modules pour être utilisés par des groupes d'élèves. Il s'agit notamment de matériel d'initiation aux sciences, mais aussi de physique, de chimie, de biologie, de sciences de la terre et d'enseignement technique.

Les échanges entre les programmes extrascolaires et les programmes scolaires ne sont pas terminés. Un

Un nécessaire scolaire composé de trois modules.

examen récent du programme des coffrets a permis d'envisager la possibilité d'utiliser ces coffrets comme modules pour le travail scolaire. Dans la mesure où les coffrets sont fabriqués par milliers ou dizaines de milliers, leur production est mieux organisée et revient moins cher que les nécessaires scolaires produits par centaines seulement, à la demande. En outre, l'utilisation modulaire des coffrets dans les laboratoires scolaires permet d'offrir, à très bas prix, une grande variété de coffrets à partir desquels l'école, ou de préférence chaque professeur, peut choisir les expériences et les modules qu'elle préfère. Les plateaux contenant le matériel d'expérimentation seront bientôt proposés aux écoles dans un meuble spécial qui pourra être monté et agrandi selon les besoins. Chaque tiroir contiendra deux ou trois modules, utilisables chacun par un groupe de deux à quatre élèves. Les articles non réutilisables seront remplacés et tout le matériel sera disponible en permanence, au fur et à mesure des besoins de l'école.

Électrocardiographe



Échocardiographe

Matériel nouveau et réforme des programmes

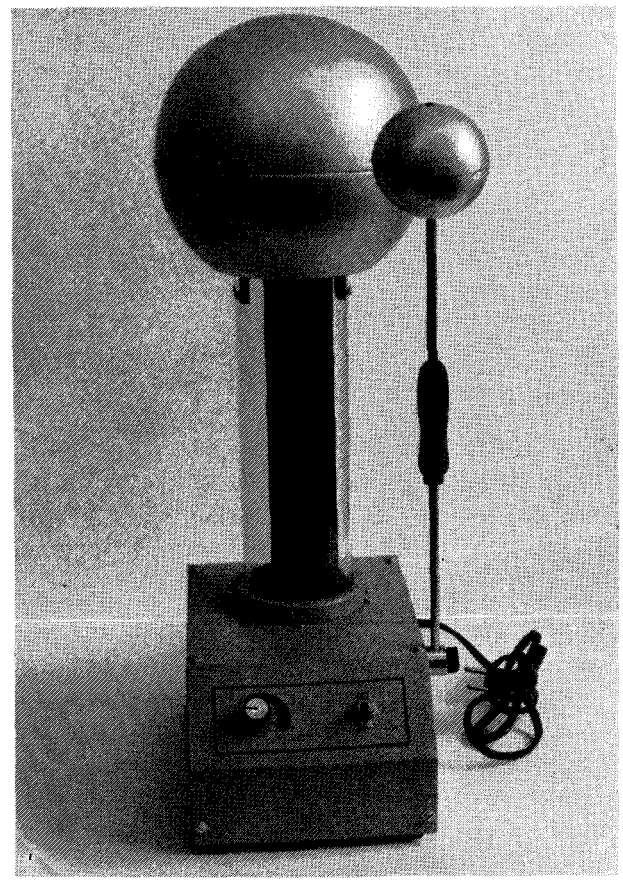
A la fin des années 50, cette action marchait bon train le prestige de l'IBECC-FUNBEC auprès des services de l'éducation était considérable. Le ministère était sensible aux innovations, en particulier dans le domaine des sciences, et prêt à limiter la réglementation officielle à une brève description des objectifs de l'enseignement secondaire, laissant aux écoles et aux établissements d'enseignement d'État le soin de préciser le contenu des programmes. Le premier travail a été de rédiger un manuel de sciences à l'intention des élèves, dans lequel la présentation d'expériences était intégrée au texte. Les manipulations à réaliser par les élèves n'y étaient pas décrites en détail et les conclusions étaient à déduire des expériences. Un manuel d'initiation aux sciences, à utiliser sur une période de deux ans, a été rédigé, faisant appel à un matériel simple. Une des innovations de ce manuel était le chapitre initial qui présentait au lecteur les procédés et méthodes scientifiques. En outre, le manuel faisait une grande place aux travaux de groupe des élèves.

Ces programmes novateurs ne correspondaient pas à la formation que les professeurs avaient reçue. Il fallait donc établir un livre du professeur (guide général expliquant la philosophie du projet, le maniement du matériel et la pédagogie de l'enseignement de groupe, ainsi qu'un manuel détaillé spécialement conçu pour le professeur). Ce projet a été à l'origine des premiers cours de formation pédagogique. Au début des années 60, les points communs entre l'orientation des activités de l'IBECC-FUNBEC et les projets parrainés par la National Science Foundation des États-Unis, la nécessité urgente de réaliser les innovations auxquelles l'opinion avait été préparée par les efforts antérieurs, ainsi que la réceptivité du ministère de l'éducation, amenèrent à se tourner vers des projets américains. Dans chaque cas, un membre de la FUNBEC, appartenant au corps professoral correspondant, participait à la mise en œure initiale des projets américains et, dans le cas de certains projets, ce participant était considéré comme un membre à part entière de l'équipe américaine. C'est ainsi que furent introduits au Brésil les projets PSSC (Physical Science Study Committee), BSCS (Biological Sciences Curriculum Study), CBA (Chemical Bond Approach) et Chem Study (Chemical Education Materials Study), concernant respectivement l'enseignement de la physique, de la biologie et de la chimie ainsi que le matériel destiné à l'enseignement de cette dernière. Et, contrairement à ce qui s'est passé ailleurs, ces projets ne se sont pas traduits par une nouvelle collection de

manuels que les professeurs recopieraient au tableau noir et que les élèves apprendraient par cœur. On réunit le contenu des guides de travaux pratiques et des manuels théoriques dans un même ouvrage, utilisable pendant trois années d'études secondaires. On mit à la disposition des établissements scolaires du matériel de laboratoire et des fournitures et l'on insista sur le travail de recherche. Dans chaque cas, les professeurs reçurent une formation appropriée et des guides pédagogiques.

Une entreprise aussi vaste, intéressant le système scolaire de l'un des pays les plus vastes du monde, ne pouvait être centralisée à Sao Paulo. En vertu d'un accord avec le ministère de l'éducation, six centres régionaux furent créés pour prendre en charge le recyclage des professeurs et l'organisation de cours d'été à leur intention.

Sur la base des projets américains, il a ainsi été possible de rénover rapidement les programmes d'enseignement des sciences, ce qui autrement aurait été impossible, compte tenu du personnel, des ressources et du temps disponibles. La mise en œuvre de ces projets n'a pas marqué la fin de l'effort de rénovation des programmes de la FUNBEC. Les projets américains ne répondaient qu'aux besoins des élèves appelés à poursuivre des études supérieures. La FUNBEC et le CECISP, l'un des centres d'enseignement des sciences mis en place à Sao Paulo et lié à la FUNBEC, continuèrent à produire du matériel novateur, en particulier pour l'enseignement intégré des sciences.



Générateur Van de Graaff

Retour à l'université

Les initiatives de la FUNBEC répondaient aux préoccupations de professeurs et chercheurs d'université concernant les premières années d'études scientifiques. Rapidement, le souci initial de former précocement une élite scientifique s'élargit : il fallait aussi préparer les citoyens à vivre dans une société moderne, leur faire prendre conscience des bienfaits de la science et les rendre capables, même s'ils n'étaient pas eux-mêmes des scientifiques, de juger intelligemment les besoins d'une recherche scientifique continue et l'utilisation de ses applications pour le développement. Dans le cadre de la rénovation des programmes, il fallait recycler les professeurs. Il devint évident que la nouvelle génération de professeurs de sciences sortant de l'université devait être formée à l'utilisation des nouveaux matériels. Les six centres de formation des professeurs de sciences étaient situés, à une exception près, dans les universités. L'enseignement supérieur avait donc l'occasion de contribuer à l'amélioration de la formation des enseignants et à leur recyclage. La plupart de ces centres font maintenant partie intégrante des universités. La formation initiale des professeurs et leur recyclage, ainsi que l'innovation, l'évaluation et la recherche concernant l'enseignement des sciences, sont ainsi rendus, en partie, aux universités. Ces activités n'entraient pas dans leurs attributions avant l'intervention de la FUNBEC. En outre, les méthodes utilisées pour rénover les programmes de l'enseignement secondaire ont servi de modèle pour la rénovation actuellement en cours des programmes de l'enseignement supérieur.

Même après avoir confié de nouveau une partie de cette tâche au ministère de l'éducation (par l'intermédiaire des centres de formation des professeurs de sciences) et aux universités, la FUNBEC a encore un rôle à jouer en tant que centre d'innovation pédagogique. Elle a participé très activement à la planification des cours universitaires de formation pédagogique destinés aux futurs professeurs de sciences (intégrées).

Elle s'oriente maintenant vers d'autres domaines. Il s'agit notamment de l'élaboration d'un programme d'enseignement de la médecine intégrant l'enseignement des sciences fondamentales et celui de la médecine clinique. La FUNBEC étudie également une formule de travaux pratiques scientifiques de conception nouvelle, s'inspirant notamment de l'expérience britannique de télé-enseignement de l'« Université ouverte » mais qui, à la différence de cette dernière, utiliserait du matériel bon marché. Les investissements correspondants seraient tellement inférieurs à ceux de l'Université ouverte que la formule serait à la portée des pays en développement. En outre, la FUNBEC prévoit une expérience dans le cadre de laquelle, au lieu d'envoyer le matériel au domicile de l'étudiant, le matériel bon marché serait réuni dans un centre. On pense que le matériel serait ainsi mieux utilisé, car, comme dans une école privée de dactylographie, les étudiants viendraient au centre sur rendez-vous, au moment qui leur conviendrait, pour y travailler à leur propre rythme. Grâce à un matériel bon marché, à l'utilisation à plein temps des laboratoires et au personnel à la disposition des étudiants (ceux de dernière année servant de moniteurs), on peut espérer mettre en place un système mieux adapté aux pays en développement. Ce système serait aussi utile dans une grande ville comme Sao Paulo, où plusieurs laboratoires d'étude centraux pourraient être utilisés par un très grand nombre d'étudiants. Cela permettrait à ceux qui sont plus intéressés et plus motivés d'aller plus vite et d'approfondir davantage leurs recherches et de devenir ainsi l'élite qu'on se proposait de former au départ.

Coffrets de vulgarisation scientifique et techniques autochtones

Bien que le thème principal de la présente publication soit le matériel, il n'est pas sans intérêt de consacrer quelques instants aux répercussions de la création, par la FUNBEC, des ateliers qui fabriquent les coffrets et le matériel scolaire. Cette activité a débuté à l'École de médecine dans un garage pour deux voitures qui s'est vite avéré trop petit. L'entreprise a alors été transférée sur le campus de l'Université de Sao Paulo, où elle occupe des bâtiments provisoires d'une superficie totale de 4 000 mètres carrés. Cette expérience est exceptionnelle parce qu'elle se déroule dans une université et qu'il s'agit d'une véritable fabrication industrielle. Sous le même toit, on trouve des ateliers de mécanique, de travail du plastique, d'optique, d'électronique, de montage, de préparation de spécimens biologiques et de préparation et de conditionnement des réactifs, à proximité des bureaux d'études et des services techniques et commerciaux chargés de l'expédition des produits dans tout le pays. On manque de nouveau de place et les ateliers de production vont être transférés dans des locaux permanents situés hors de l'université, où une première tranche de 5 000 mètres carrés est déjà prête.

Un nouveau bâtiment en dur consacré à la recherche, au développement et aux activités pédagogiques, d'une superficie d'environ 4 000 mètres carrés, est prévu sur le campus. Au début, les activités étaient simples, ne faisant intervenir que des techniques élémentaires ; la production n'était pas organisée scientifiquement et les critères de qualité et de coût ne jouaient presque aucun rôle. Mais, aujourd'hui, ces activités sont à la pointe de la production. Si l'on en est arrivé là, c'est grâce à la production d'un matériel extrêmement perfectionné demandant, de l'inventeur, l'application de procédés industriels et un contrôle de qualité, proposé à des prix capables de soutenir la concurrence du marché international. Cette évolution date d'une dizaine d'années, lorsque la FUNBEC a décidé de produire du matériel pour les universités et la recherche. Une division d'électronique médicale fut créée afin de produire des électrocardiographes et des appareils d'analyse simples pour les laboratoires médicaux. A l'heure actuelle, cette division produit une vingtaine d'appareils de cardiologie différents, fournit des électrocardiographes aux écoles de médecine et aux hôpitaux, ainsi que des échocardiographes et bien d'autres instruments modernes mis au point par la FUNBEC elle-même grâce à ses propres compétences techniques. Celle-ci est donc en mesure de fournir aux universités le matériel dont elles ont besoin pour l'enseignement des sciences fondamentales. Les électrocardiographes sont remplacés par des physiographes, les instruments d'optique simples par des monochromateurs pour les laboratoires de physique, etc.

Cela fait déjà longtemps que la FUNBEC a orienté ses travaux vers la formation d'une élite scientifique. Les problèmes sont encore loin d'être tous résolus. Il faut donner à chaque élève ou étudiant la possibilité d'apprendre et de développer ses capacités selon ses goûts. C'est particulièrement important à l'heure actuelle, car on assiste à une explosion des effectifs des lycées et des universités. Il ne s'agit plus seulement de former une élite scientifique restreinte, mais aussi, conformément aux objectifs éducatifs de la nation, de produire des techniciens et, plus simplement, des citoyens instruits.

L'utilisation des ressources locales pour les travaux pratiques dans l'enseignement des sciences

Keith Warren

Matériaux locaux en Asie

A proximité d'un hameau de maisons en bambou situé non loin de la frontière qui sépare l'Inde du Bangladesh, une douzaine d'enfants jouent « à la marchande ». Leur « sucre » est de l'argile blanche réduite en poudre et posée sur un bout de papier qu'ils ont trouvé par là ; leur « farine » de la brique pilée ; leurs « légumes » des pétales de fleur et des feuilles de jute ; et leurs « cigarettes » des morceaux de tige de jute, le tout disposé en piles bien rangées entre des alignements de cailloux sur une dalle de ciment qui recouvre un canal d'irrigation conduisant aux champs de tabac. Le maître qui les observe fait un stage dans un centre pédagogique voisin. Une partie du stage est consacrée à la fabrication et à l'utilisation d'instruments de mesure simples pour les enfants des écoles primaires : règles, balances, mesures de capacité, etc. Il leur apporte la balance qu'il vient de fabriquer : un mécanisme simple qu'on tient à la main et qui comporte un levier en bambou, des ficelles de jute et des plateaux faits d'éclisses de canne tressées. Ses « poids » sont des fragments de brique réduits par frottement aux valeurs approximatives des pois de base *(chattacks* et *kachas)*, vérifiées par comparaison avec les morceaux de brique similaires que les marchands utilisent dans la région. Le maître commence à montrer aux enfants comment utiliser la balance, mais les enfants rient et l'arrêtent. Ils savent déjà. Ils ont souvent vu les commerçants mesurer des tissus ou du lait. Ils n'ont jamais eu l'occasion d'utiliser une balance auparavant (ni une règle, ni une mesure de capacité), mais les enfants sont vifs et ils ont vite fait de savoir peser leurs légumes. Il est aussi simple pour eux d'utiliser cette balance qu'il a été facile pour le maître (et ses quatre-vingts collègues du stage voisin) de la fabriquer, ainsi que la petite règle en bois et les gobelets-mesureurs en bambou. La forme et la précision de ces instruments ne sont pas celles des articles fabriqués industriellement, mais leur qualité est satisfaisante, si par qualité on entend leur « adaptation à l'usage auquel ils sont destinés ». Ces instruments s'accordent à l'environnement et sont familiers aux maîtres et aux enfants.

En outre, ces instruments conviennent à une utilisation pour les enfants, c'est-à-dire en grand nombre. Dans cette région, il n'y a pas un enfant de 7 ans qui ne soit capable – si on lui prête l'unique règle existant dans l'école – de fabriquer à l'aide d'un couteau de cuisine ordinaire une règle de bambou (bois qui se fend bien droit en morceaux aux bords bien lisses qui n'ont pas besoin d'être rabotés), divisée au moins en pouces et demi-pouces. Si l'on introduisait le système métrique à ce niveau de l'enseignement, celui-ci serait coupé des réalités de la vie quotidienne des élèves (qui exigent de savoir au moins utiliser une ficelle à nœuds [marquant les yards] pour ne pas se faire voler en vendant des terrains et un *seer* [mesure de capacité équivalant à un litre environ] pour ne pas se faire voler en achetant de l'huile de moutarde). Les écoliers ne possèdent généralement rien, pas même une règle.

Problèmes

Les écoles de beaucoup de pays d'Asie sont en effet bien plus démunies et rudimentaires qu'on ne l'avoue généralement dans les conférences internationales, ou mêmes nationales, sur l'éducation. Il n'est pas rare qu'elles manquent même de toit, de murs ou de portes. Environ 60 % des enfants sont officiellement scolarisés ; 40 % sont « présents » sur les feuilles d'appel ; 30 % assistent vraiment aux cours. L'absentéisme des enseignants est aussi un problème grave. Les inspections n'ont lieu qu'une fois par an. On manque de livres, de cahiers et de crayons. Il n'y a pas de tableau noir, pas même l'habituelle plaque de bois recouverte de vagues traces de vernis. Quant à l'enseignement des rudiments de science, il n'y a rien, pas même d'instruments aussi frustes que des règles, des

balances approximatives, des cordes nouées ou des gobelets-mesureurs.

Alors pourquoi, si ces instruments simples sont faciles à fabriquer, n'en a-t-on pas et ne les utilise-t-on pas ? On trouve, dans cette région du monde, des partisans de l'emploi des ressources locales pour l'enseignement au moins depuis l'époque de Gandhi, c'est-à-dire depuis soixante ans. Pour l'adaptation de l'enseignement à la vie réelle et la conscience de l'identité nationale, le développement d'aptitudes pratiques utiles sur le plan local est considéré comme une meilleure base de promotion future que l'acquisition des connaissances théoriques aliénantes. De même, on insiste sur les avantages qu'il y a à disposer d'un abondant matériel utilisable par les élèves plutôt que – au mieux – d'un seul appareil de démonstration manipulé par le maître. Il en va de même des ressources que l'école peut avoir la fierté de tirer des produits fabriqués par les enfants eux-mêmes. On accorde aussi beaucoup de valeur à l'instauration d'une discipline naturelle et d'un climat de patience et de coopération. L'idée générale est claire : il s'agit de susciter une solide volonté d'autonomie, attitude considérée comme répondant aux besoins de la vie des masses.

Il y a, d'autre part, les détracteurs de cette méthode d'éducation, ceux qui la considèrent comme rétrograde. L'Europe et les États-Unis d'Amérique ont presque oublié que chez eux les transports se faisaient autrefois à l'aide de véhicules tirés par des chevaux. L'Asie doit-elle, à l'ère de l'automobile, en rester au stade de la charrette à bœufs ? Les écoliers doivent-ils se contenter de balances en bambou alors que le plastique est plus résistant, plus précis et meilleur marché ?

Depuis vingt ans, les partisans des deux camps s'affrontent, mais, pour des raisons diverses, aucune des deux conceptions n'a totalement été mise à l'épreuve de la pratique.

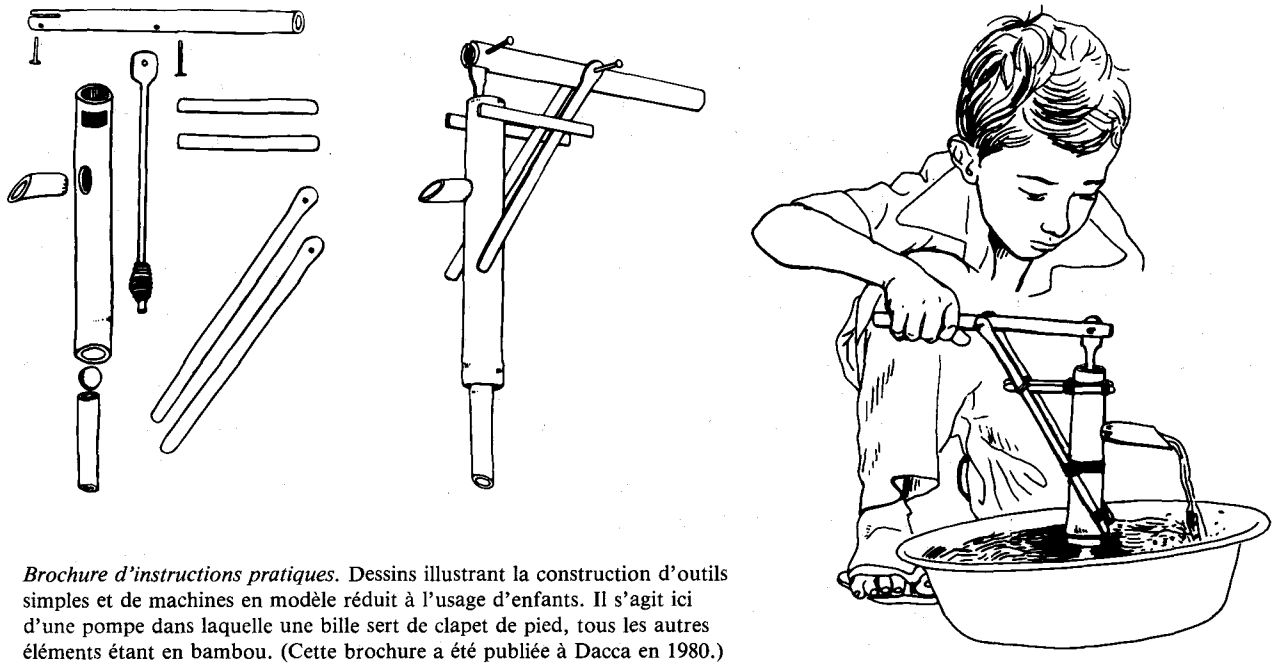
L'absence de cours de sciences dignes de ce nom à l'école élémentaire continue à préoccuper les éducateurs et les gouvernements qui voudraient imposer des conceptions modernes, mais les réformes possibles n'ont pas été suffisamment étudiées. Les responsables ont échoué sur deux plans. Ils n'ont pas exploré assez attentivement les moyens de faire évoluer un système traditionnel vers un système moderne, ni étudié d'assez près les écoles et les milieux ruraux ou urbains pauvres auxquels ils s'adressent. Les changements doivent au moins s'appuyer sur des programmes, des manuels, un matériel et une formation pédagogique soigneusement mis à l'épreuve (et bien coordonnés) et exigent de l'imagination, une planification et un suivi de l'exécution, tous les intéressés devant être informés des possibilités, des besoins et des problèmes réels. Malheureusement, de tous les ministères, celui de l'éducation est en général celui qui dispose des moyens les plus faibles. Il n'est pas rare que les fonctionnaires ignorent tout de la gestion, processus complexe d'exploitation méthodique et informée des possibilités existantes ; et il n'est pas exceptionnel non plus de voir mettre en œuvre des projets spéciaux excessivement optimistes qui sont ensuite abandonnés en faveur d'autres projets tout aussi inadaptés. Cela a été le cas de nombreuses campagnes d'alphabétisation en Asie et de divers programmes intitulés « éducation de base », « éducation environnementale », « éducation orientée vers la production », « éducation ouverte sur la vie », etc. ; les projets d'« utilisation des ressources locales pour l'enseignement des sciences » ont connu de même, dans beaucoup de pays, un engouement de courte durée.

L'échec de nombreux projets, dans l'enseignement primaire, peut être imputé en partie au fait que les planificateurs connaissent mal la réalité. Nombre de ces projets ont été entrepris dans le Tiers Monde, parce que d'autres pays offraient des fonds, les services de planificateurs et de conseillers, avec du personnel soit originaire de pays industrialisés, soit appartenant à l'élite de pays moins industrialisés. Les experts étrangers sont souvent totalement ignorants des conditions de vie de la majorité des enfants, et ni eux ni les planificateurs nationaux n'envisagent d'aller vivre quelque temps dans un village pour mieux s'informer, démarche qui, en tout état de cause, demande beaucoup de temps et exige de la résistance physique, une imagination hors du commun, la connaissance de la langue locale, une grande expérience et une faculté d'empathie. Les conseils donnés par les experts sont donc souvent inadaptés. Quant à l'aide financière, elle est en général subordonnée à l'acquisition de produits étrangers. Il est rare que l'emploi de ressources locales ne soit pas limité à des aspects très secondaires de ces projets.

Relations avec le secteur non scolaire

Depuis une vingtaine d'années, on s'efforce, au moins en théorie, d'introduire à l'école primaire un certain enseignement scientifique[1] comportant des activités

1. Le lecteur voudra bien se reporter à l'ouvrage *Tendances nouvelles de l'enseignement des sciences à l'école primaire,* vol. 1, de Wynne Harlen, (dir. publ.), Paris, Unesco.



Brochure d'instructions pratiques. Dessins illustrant la construction d'outils simples et de machines en modèle réduit à l'usage d'enfants. Il s'agit ici d'une pompe dans laquelle une bille sert de clapet de pied, tous les autres éléments étant en bambou. (Cette brochure a été publiée à Dacca en 1980.)

expérimentales et des contenus en rapport avec la vie quotidienne et le milieu environnant. Cette initiative pourrait être particulièrement utile dans les pays dont la population, en augmentation, risque de manquer bientôt d'espace, d'énergie, de produits alimentaires et de services publics, conséquence de la crise technologique dont nous sommes menacés pour les années 80. On peut lutter contre cette menace en élaborant une riposte technologique, dont l'enseignement doit être une composante essentielle et à laquelle l'ensemble de la population doit être associé. Par exemple, la régulation démographique n'est pas possible sans la mise en place de services de santé bien administrés, qui ne se fera pas si les enfants sont sous-alimentés et si les gens n'adoptent pas de bonnes habitudes d'hygiène et de nutrition. Les planificateurs de certains pays découvrent (souvent à partir des pratiques existantes) des méthodes adaptatives et évolutives permettant de répondre à ces besoins fondamentaux, les responsables du développement ont commencé, après l'échec de nombreux programmes de grande ampleur à la mode dans les années 50 à 60, à s'intéresser à des opérations d'envergure plus modeste. Les petites industries utilisant les ressources locales sont encouragées et connaissent en Asie un véritable succès.

Les manifestations de cet intérêt pour l'emploi des ressources locales sont de plus en plus nombreuses : médecine traditionnelle, production de méthane dans de petits digesteurs, fabrication d'éoliennes, amélioration des industries artisanales. Cela suppose un enseignement qui, dans la plupart des pays, sera nécessairement différent selon les régions, parce que les ressources et les techniques y sont différentes. Mais, partout, il faut savoir exploiter les ressources locales, quelles qu'elles soient. Les écoles sont encore loin de mettre véritablement ce principe en pratique. Les pays les moins avancés où la densité de la population est élevée sont continuellement exposés à la famine, à la paralysie des services publics, à des pertes massives de vies humaines. Les gouvernements de ces pays ne peuvent espérer informer les adultes de ces dangers s'ils ne sont pas en mesure de gérer correctement le système scolaire existant. Si seulement ils concentraient leur effort sur les aspects pratiques de l'enseignement des sciences qui concernent les techniques alimentaires, sanitaires et énergétiques, beaucoup de vies pourraient être sauvées. Au Bangladesh, par exemple, des terres qui pourraient produire trois récoltes par an n'en produisent qu'une et le sol reste sec pendant six mois, alors que l'eau est rarement à plus de six mètres de profondeur. Et, pourtant, si l'on enseignait aux enfants comment fonctionnent les pompes à eau en leur faisant construire des modèles réduits de pompes en bambou et qu'on leur apprenait les rudiments du travail du bois, on pourrait sans doute avoir recours à de telles pompes (comme cela se faisait dans les mines de sel chinoises du Szechuan il y a mille ans). Au Bangladesh, un centre de formation pédagogique fabrique des modèles réduits de ce type de pompe et l'on a publié les schémas permettant de les fabriquer. Une

caisse d'outils simples, eux-mêmes réalisés à partir de matériaux locaux, est fabriquée par le Centre de ressources pour l'enseignement villageois (VERC) situé près de Dacca.

En bref, les solutions aux principaux problèmes doivent être conçues en fonction des ressources locales, car les matériaux disponibles varient d'un endroit à l'autre. C'est peut-être en cela que réside la principale justification de l'emploi des ressources locales pour l'enseignement des sciences et des techniques. Les jeunes enfants se contenteront sans doute de fabriquer des règles, mais les plus âgés construiront ensuite des fours solaires avec les grandes mangeoires en argile qui servent au bétail et le papier d'aluminium récupéré dans les boîtes de cigarettes, ou des répliques de l'éolienne chinoise faite exclusivement de bambou ; ils prépareront des concoctions vermifuges, confectionneront une torche électrique sommaire ou encore une mappemonde à l'aide d'un pot à eau retourné, peint avec des argiles et des teintures locales et recouvert d'une couche de vernis rudimentaire.

Participation de membres de la collectivité

On peut faire appel aux ressources locales pour l'enseignement à plusieurs niveaux. Au niveau le plus simple, on emploiera des matériaux récoltés autour de l'école au lieu de produits importés : des haricots enfilés sur une ficelle, par exemple, remplaceront très bien un boulier en plastique. A un niveau plus élevé, les techniques locales peuvent préparer à satisfaire les besoins de la vie adulte dans les domaines de l'alimentation, de l'énergie et de la santé. Mais l'action menée devrait être beaucoup plus systématique. La population est une importante ressource locale en matière d'éducation et rares sont les personnes ignorantes au point d'être incapables d'aider à l'instruction des enfants si le système scolaire encourage la participation des adultes. Les possibilités sont nombreuses. Par exemple, dans les villages d'Asie, il y a le potier, le ferblantier, la sage-femme, le fermier, le musicien, etc. Ces gens ne sont pas des enseignants ; ils ne savent peut-être pas expliquer ce qu'ils font, mais ils peuvent montrer aux enfants comment ils travaillent et le font en général très bien. Ces expériences devraient venir en complément de l'enseignement normal. Et il faudrait apprendre aux enseignants la manière d'obtenir des informations auprès des artisans locaux.

Cependant, ce n'est là qu'un début. Au bout de quelques années, la confiance réciproque entre l'école et la collectivité se sera accrue, de sorte que les parents oseront pénétrer dans l'école (car actuellement ils n'osent pas). Ainsi, ils comprendront ce que l'école fait pour leurs enfants et comment ils peuvent y contribuer. Ils comprendront la nécessité pour l'enfant de disposer à la maison d'un coin calme (éclairé par une lampe) où faire ses devoirs. Ils comprendront pourquoi il faut que l'enfant aille régulièrement à l'école. Ils voudront s'occuper de ses livres. Dans ce climat, l'enfant rapportera chez lui des nouvelles concernant des événements nationaux et des histoires simples à lire à ses parents, ainsi que des caractères de l'alphabet pour les aider à apprendre à lire. Après avoir creusé les latrines de l'école, les parents se sentiront peu à peu obligés d'en avoir à la maison. Ils répareront le toit de l'école et apprendront des rudiments d'hygiène. Tout cela est matériellement possible dans de nombreuses régions d'Asie et, bien sûr, dans d'autres régions du monde. Mais il faut étudier, développer et exploiter ces méthodes de façon systématique, les perfectionner avec discernement au fil des années et prévoir la formation pédagogique correspondante, dont un aspect essentiel consiste à apprendre à « organiser » les ressources, tant physiques qu'humaines. Un des objectifs du système serait d'éviter qu'un fossé ne se creuse entre les citoyens instruits et les autres.

Les ressources locales comme solution aux problèmes d'approvisionnement

Dans les pays qui ne peuvent pas ou ne souhaitent pas s'appuyer systématiquement sur les ressources locales, on invoque souvent comme arguments que les articles locaux n'ont pas la qualité des produits industriels, que les enseignants n'ont ni le temps ni les connaissances requises pour les fabriquer et que les enfants ne sont pas capables de fabriquer quoi que ce soit de satisfaisant.

Les ministères et les services de l'éducation qui adoptent cette position ont bien sûr une vision étroite du processus, qui n'est pour eux qu'une solution provisoire aux problèmes d'approvisionnement. Ils espèrent en général que des crédits pourront ultérieurement être dégagés soit pour acquérir du matériel scientifique scolaire sur le marché international, soit pour organiser la production de ce matériel sur le plan national. Dans le cas de l'enseignement des sciences au niveau du secondaire, ces deux dernières solutions sont bien sûr presque inévitables ; les ressources locales ne peuvent plus suppléer aux appa-

reils de précision qui sont nécessaires, en particulier dans le second cycle de l'enseignement secondaire, à moins d'une réforme radicale des programmes.

Dans l'enseignement primaire, en revanche, on peut difficilement envisager l'utilisation de matériel d'importation, étant donné le grand nombre d'écoles concernées, le problème étant décuplé si l'on veut que les élèves manipulent eux-mêmes les objets. De nombreux pays asiatiques ont déjà mis en place des unités de production d'appareils à usage scolaire ou projettent de le faire. Les problèmes que connaissent ces unités de production sont parfois très importants : on a tendance, par exemple, à s'intéresser davantage aux appareils destinés à l'enseignement secondaire ou à des appareils de prestige ; les séries produites ne sont pas cohérentes et le maître ne peut mener à bien des expériences complètes ; la gestion est mauvaise et le ministère de l'éducation se montre inapte à diriger ce qui est en fait une installation industrielle ; la mauvaise qualité des produits est un facteur de découragement pour les enseignants qui se trouvent aux prises avec des appareils qui ne fonctionnent pas sans savoir si cela tient à eux ou si les produits sont défectueux ; le mauvais fonctionnement du système de distribution des produits finis et d'approvisionnement en matières premières est aussi un obstacle.

Ces problèmes usuels sont de véritables handicaps au moment de la mise en route de la production, qui n'atteint parfois un niveau convenable qu'au bout de cinq à dix ans. Cependant, même dans les pays qui ont opté pour cette voie (qui ne manque pas d'intérêt si l'on veille à une bonne gestion), il ne faut pas exclure toute fabrication de matériel par les élèves, les instituteurs ou des artisans utilisant les ressources locales pendant la phase de démarrage de la production ; sinon, les écoles primaires risquent de rester encore privées de matériel pendant la scolarité d'une ou deux générations d'écoliers.

Convaincre les enseignants d'utiliser des objets usuels

Il y a un autre handicap à surmonter : les stocks d'appareils de fabrication industrielle (en particulier étrangère) dont tant d'écoles ont été dotées depuis vingt ans (en général grâce à l'aide internationale) restent inutilisés parce que les enseignants ont peur de détériorer le matériel ou ne savent pas s'en servir. Il existe donc un hiatus à combler entre le moment où les enseignants ne disposent encore d'aucun matériel scientifique et celui où ils sont en mesure de manipuler aisément un appareil simple. C'est généralement pendant cet intervalle qu'ils seront le plus disposés à utiliser des articles sans prétention, de fabrication artisanale. Ils le feront encore plus volontiers s'ils ont été initiés à l'usage de matériaux locaux comme le bambou pour la construction ou pour la fabrication de bouliers-compteurs, de baguettes de couleur ou d'autres supports concrets pour apprendre aux élèves à compter, à classer, etc. L'année suivante, ces mêmes enseignants seront sans doute prêts à utiliser l'abaque ou une balance simple. Ainsi, pendant les années de scolarité primaire d'une « génération » d'enfants, les instituteurs auront été préparés à accepter les produits plus élaborés fabriqués par un centre de production industrielle. Pendant ces cinq ans, on peut apprendre aux maîtres à utiliser des appareils très simples. L'utilisation des ressources locales pour l'enseignement des sciences à l'école primaire peut donc servir de relais sur la voie des améliorations, ne serait-ce que du point de vue de l'approvisionnement et de la gestion.

Production de matériel au niveau de l'école et de la collectivité

Beaucoup de gens prétendent que les enfants des écoles primaires sont incapables de fabriquer des objets tels que des règles ou des balances. Dans la plupart des pays d'Asie, cela n'est pas vrai. C'est une erreur de jugement faite par des citadins. Beaucoup d'enfants sont d'une habileté stupéfiante. Des gens mal informés disent aussi que les maîtres et les élèves n'ont pas le temps de fabriquer des objets. Mais les vrais problèmes sont l'absentéisme des enseignants et des élèves et le manque de surveillance. D'autres disent que les instituteurs ne sont pas doués pour les activités manuelles. Et, pourtant, presque tout le monde dans les pays d'Asie construit soi-même sa maison, fait de la vannerie en rotin, file, prépare des épices, fabrique des tabourets en bois, distille illégalement de l'alcool et fabrique des cordes, des chaussures et des faucilles. Beaucoup de gens ont le temps, la volonté et les matériaux nécessaires pour pouvoir fabriquer des objets simples à usage scolaire. L'instituteur n'a donc pas besoin d'apprendre à les fabriquer lui-même, mais seulement d'apprendre à demander à d'autres de le faire : c'est une simple question de relations humaines.

Centres de production artisanale

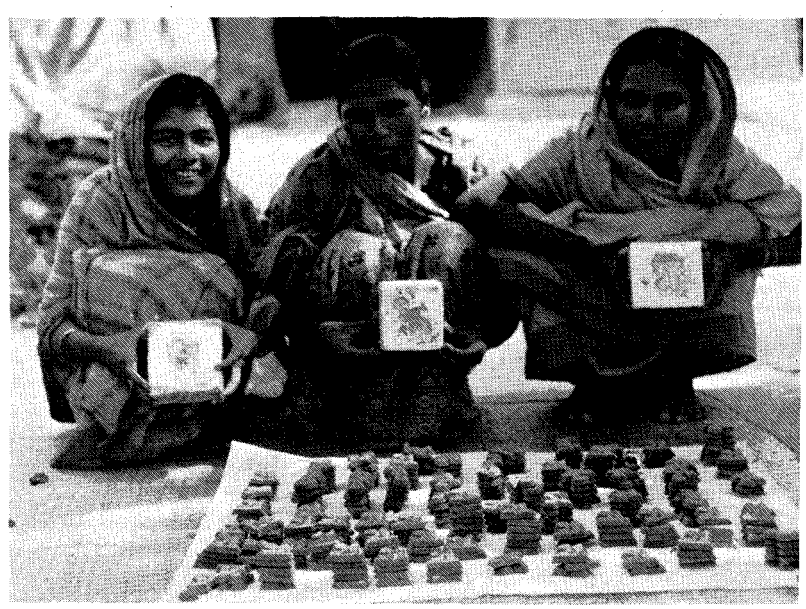
On peut aussi avoir recours à la production des centres de fabrication artisanale. Un projet de ce type fonctionne au Bangladesh depuis 1978 avec l'appui financier du FISE/Unicef. Plus d'un millier de femmes travaillent dans des centres de production de diverses régions du pays, créés par l'organisation irlandaise CONCERN. On y utilise de la toile et de la ficelle de jute, du bambou, du bois, de la céramique et de l'isorel local pour fabriquer huit types d'objets constituant un nécessaire pour l'enseignement des sciences et des mathématiques à l'école primaire : des gobelets-mesureurs, des balances, des bûchettes à calcul, des réglettes, des dominos, des bouliers, des cartes-puzzles du Bangladesh et un ensemble d'anneaux et de bâtons en bambou qui sert de jeu de construction pour les plus petits. Ce projet a représenté un investissement d'environ 200 000 dollars des États-Unis entre 1978 et 1981, sa production a été d'environ 80 000 articles et il a contribué à former de nombreuses femmes aux techniques de la production. Tout est fait à la main avec des outils simples sur des tables ou à même le sol. Les constructions en bambou qui abritent les ateliers de production et les magasins, ainsi que les outils et le mobilier, ont coûté environ 20 000 dollars des États-Unis. Cette organisation de la production permet aussi d'offrir aux femmes et à leurs enfants des services de base dans les domaines de la santé, de la nutrition et de l'enseignement.

Ce projet pourrait être repris dans de nombreux pays, en particulier par les coopératives féminines et organisations similaires. C'est aussi le type de projet qui est susceptible de drainer vers les pays pauvres des fonds internationaux, car il s'agit d'activités productrices de revenus pour les femmes, d'utilisation des ressources locales et de produits devant servir à l'éducation des enfants. Il existe des projets similaires, mais moins importants, au Bangladesh : une coopérative commerciale gérée par des femmes produit d'autres articles éducatifs pour l'Académie Shishu (des enfants) du ministère de la condition féminine ; un groupe de villageoises fabrique des lettres d'alphabet en céramique pour les écoles et les cours d'alphabétisation ; d'autres prévoient de sérigraphier des cartes géographiques sur des tissus de fabrication locale, en utilisant des techniques artisanales, et de fabriquer des puzzles en couleur en utilisant une technique de peinture par numéro associée à la sérigraphie. La plupart de ces activités ont été mises au point par le VERC, projet financé par le FISE/Unicef qui assure la liaison entre les projets de développement communautaire de divers ministères.

Apprendre à utiliser les ressources locales

La plupart des pays offrent des possibilités beaucoup plus importantes qu'il n'y paraît au vu de leurs réalisations actuelles. Il suffirait pour les exploiter d'un peu plus d'imagination créatrice et de confiance de la part du public, ainsi que d'une gestion plus scientifique des ressources locales. Il appartient à l'éducation de développer ces aspects et, puisqu'ils sont importants à tous les niveaux, l'enseignement primaire généralisé doit tendre à les renforcer par des moyens comme l'utilisation des ressources locales, la fabrication d'objets à partir des matériaux qu'offre l'environnement et une véritable gestion de toutes ces possibilités.

Il ne faut pas oublier que l'habileté des enfants est beaucoup plus développée dans les familles pauvres des régions rurales ou des bidonvilles des pays d'Asie que chez les enfants des villes qui vivent dans un milieu plus riche et plus protégé. Dans ces pays, l'exploitation des ressources locales aura avantage à être prise en charge par des organismes locaux plutôt que par les services de l'éducation nationale. Au Bangladesh, elle a été le fait du VERC, de CONCERN et



Objets réalisés par des villageoises. Ces femmes fabriquent des caractères de l'alphabet bengali dans un centre rural à Savar (Bangladesh) avec de l'argile locale, des moules en plâtre et un four à bois. Elles vendent leur production aux organismes nationaux et internationaux (mars 1980).

Fabrication de matériel par les enseignants. Cette photographie a été prise lors d'un stage organisé dans un centre rural dans le nord du Bangladesh. Les participants fabriquent des balances en bambou et en rotin selon des techniques locales (septembre 1980).

L'habileté des enfants. Classe d'utilisation des ressources locales pour l'étude des sciences à l'école primaire du Lahchok (Népal). La plupart de ces enfants ont fabriqué eux-mêmes leur balance (novembre 1976).

de l'Académie des enfants (ministère de la condition féminine). Cependant, il est indispensable que les innovations positives soient ultérieurement intégrées au système éducatif national. Ainsi, la prochaine étape devra être la formation et l'évaluation intensives, dans le cadre du système éducatif d'État.

Nécessité d'informer

Lorsqu'on produit du matériel pédagogique, il faut absolument que chaque objet soit accompagné d'un mode d'emploi détaillé ou fasse l'objet d'explications précises dans un livre du maître. Ce mode d'emploi ou le livre du maître doivent être joints aux livraisons de matériel et, dans chaque école, un enseignant au moins doit être initié au maniement du matériel. Pour les articles à fabriquer à l'école, il faut fournir des instructions sur les dimensions, les matériaux et la façon de procéder. L'expérience a montré, au Bangladesh, que les enseignants ne sont pas nombreux à fabriquer ces articles ou à utiliser ceux qui leur sont fournis. Cela tient notamment au fait que les examens d'aptitude pédagogique, tels qu'ils sont conçus actuellement, ne comportent pas d'épreuve de travaux pratiques.

L'emploi des ressources locales et les applications de la science dans la vie et l'environnement de tous les jours montrent que la science et la technologie sont étroitement imbriquées et doivent s'appuyer sur les conditions locales si l'on veut favoriser le développement de la région. L'école et la collectivité doivent se compléter et s'entraider. Les projets de développement communautaire de type ouvert imposeront peut-être à cet égard des changements dans les programmes scolaires.

Dans le domaine de l'enseignement des sciences, la technologie joue un grand rôle ; elle est aussi importante pour l'acquisition de certains savoir-faire techniques nécessaires à la poursuite de n'importe quelles études. L'article qui suit montre comment peuvent être obtenus le matériel et les fournitures nécessaires à l'apprentissage de techniques élémentaires qui serviront de point de départ à un enseignement efficace des sciences et de la technologie.

Études techniques élémentaires. Matériel d'enseignement des sciences

Ray F. Simpson

Les problèmes d'hier dans leur contexte

Après la deuxième guerre mondiale, la science passait pour la panacée capable de résoudre tous les problèmes du sous-développement économique. En patronnant la publication *Suggestions for science teachers in devastated countries* (Suggestions pour l'enseignement des sciences dans les pays dévastés par la guerre)[1] et le *Manuel de l'Unesco pour l'enseignement des sciences*[2], l'Unesco avait mis en avant l'approche pratique consistant à construire du matériel à partir d'épingles, de ficelles, de cire à cacheter, de bouteilles et de vieilles boîtes en fer-blanc. Cette méthode était plus facile à exposer qu'à mettre en application : pour faire effectivement « marcher » les appareils ainsi fabriqués, il faut un solide sens scientifique et beaucoup d'habileté pratique. Entre les mains d'enseignants qui ne sont pas tout à fait des « experts », ce « bricolage » produit des résultats décevants, surtout lorsqu'il est censé servir à vérifier les théories et les lois exposées dans les manuels. Par ailleurs, les enseignants nourris de science *pure* se montrent souvent incapables de construire des objets ; quant aux matériaux de « récupération », là où ils existent, ils servent généralement à d'autres usages, non moins valables. Aussi ne faut-il peut-être pas s'étonner que les espoirs fondés initialement sur le rôle capital que la science « pratique » pouvait jouer dans le développement se soient révélés injustifiés.

Pendant les années 60, on s'est efforcé, dans le cadre des programmes d'aide internationale, de fournir aux pays en développement du matériel scientifique « convenable », en partant du postulat – dont il faut bien à l'heure actuelle reconnaître le caractère largement erroné – que c'était le manque de bons outils qui freinait le progrès. Malheureusement, comme peuvent en témoigner beaucoup de personnes qui s'occupent des programmes du FISE/Unicef et des listes « EVE », une grande partie de ce matériel n'a pu être pleinement utilisée. La faute en incombe aussi bien aux pays donateurs qu'aux pays bénéficiaires. N'a-t-on pas, en effet, envoyé du matériel de chimie perfectionné dans des régions où l'eau distillée était introuvable et où la population se lavait à la rivière... et livré des appareils électriques dans des régions non électrifiées dont la population n'avait pas les moyens d'acheter des piles ? En outre, dans bien des cas, les directeurs d'établissement ont conservé sous clé le matériel utilisable, s'opposant à ce qu'il serve (en dehors des inspections scolaires) de crainte d'être tenus pour responsables d'éventuelles pertes ou casses. Les importantes dépenses de fonctionnement liées à la consommation de produits chimiques, d'électricité et de matériaux de construction comme le métal et les matières plastiques se sont aussi révélées dissuasives, de même que l'absence d'appui technique pour assurer la réparation et l'entretien de cet équipement coûteux. Enfin, les examens ne comportant que rarement des travaux pratiques, ceux-ci ont été, on le comprendra, largement négligés.

Fort regrettablement, lorsqu'on s'est servi des appareils en question c'est surtout pour réaliser les expériences rituelles conformes aux « recettes » données par les manuels et sans grande application dans la vie quotidienne. En fait, la science n'a fourni que ce vernis de modernisme qui a permis à ceux qui l'étudient de passer pour des dispensateurs de progrès quand ils ne font que s'isoler des dures réalités de l'existence. On peut se demander s'il ne vaudrait pas mieux qu'ils aident à consolider le pont de leur village, à y améliorer l'approvisionnement en eau ou à réparer les machines.

1. J.P. Stephenson, *Suggestions for science teachers in devastated countries*, Paris, Unesco, 1948 (2e éd., 1952). [Épuisé.]
2. *Manuel de l'Unesco pour l'enseignement des sciences*, Paris, Unesco ; Wakefield (Royaume-Uni), Educational Productions, 1956/1957.

Carences de la formation technique

Beaucoup de gens qui n'ont pas reçu, de préférence très jeunes, une formation technique élémentaire sont sujets à un blocage d'ordre émotif qui inhibe plus tard leurs facultés d'apprentissage dans ce domaine. L'expérience technique est pourtant particulièrement utile au futur cadre supérieur qui, pour être capable d'évaluer judicieusement la faisabilité de projets industriels, doit connaître autrement que de manière livresque les problèmes susceptibles de se poser. Il n'est pas moins important qu'il sache ce que c'est que de « se salir les mains ». Cela n'implique pas nécessairement qu'il apprenne tout du métier de charpentier, de plombier ou de mécanicien ; il suffirait qu'à l'occasion, il ne dédaigne pas, par exemple, de nourrir le bétail ou d'exécuter n'importe quelle tâche communautaire « au ras du sol ». La nécessité de rompre l'isolement de l'intellectuel a été reconnue en Chine, par exemple, où la poursuite d'études supérieures est subordonnée à l'accomplissement d'une période de travail dans une exploitation agricole.

En dépit de programmes de ce genre, le risque subsiste que les éléments les plus capables de la population soient encouragés à consacrer une part trop importante de leur énergie à l'analyse abstraite de problèmes théoriques. Sans mépriser la valeur intellectuelle de cet exercice, il suffit d'étudier l'histoire des sciences pour se convaincre que beaucoup de grands savants se sont souciés très concrètement de détails pratiques : contraint de polir lui-même les lentilles de son télescope, Newton en a sans doute tiré un riche enseignement. De magnifiques temples et ponts ont été construits par des gens qui ignoraient la « loi des moments » ou la « théorie des structures » et qui devaient pourtant comprendre ces principes mieux que bien des écoliers qui de nos jours en récitent mécaniquement la définition classique.

Politique de développement

Que faut-il donc rechercher dans l'étude des sciences à l'école pour la faire servir utilement à éliminer la pauvreté ? C'est, me semble-t-il, la conception de stratégies qui permettent d'employer le plus efficacement possible nos ressources, si limitées soient-elles. En fait, plus ces ressources sont rares, plus il faut de talent pour bien les utiliser. Si cette idée était admise, elle pourrait avoir une remarquable influence sur la conception pratique de l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école.

Équiper les régions les plus démunies d'un matériel d'enseignement scientifique moderne, c'est en réalité « mettre la charrue avant les bœufs », car il est beaucoup plus urgent d'y diffuser les techniques appliquées que les sciences fondamentales. Certes, les premières procèdent des secondes, mais il n'est pas nécessaire d'attendre que les principes scientifiques soient pleinement compris pour les faire appliquer utilement. L'application peut même constituer le matériau d'étude brut à partir duquel on dégagera les principes de base. Cela nous amène à nous interroger sur les méthodes d'enseignement des sciences.

Il semble que les professeurs de sciences raisonnent de manière trop convergente en demandant aux élèves de trouver « la » solution d'un problème ou « le » résultat d'une expérience. Les problèmes de la vie réelle exigent une approche plus divergente, consistant à analyser plusieurs possibilités d'action. Les solutions idéales doivent être confrontées aux solutions économiques, qui font intervenir des considérations de temps, de travail et d'acceptabilité sociale : n'envisager que des poulies sans frottement et de masse négligeable, c'est déformer la réalité. Or l'homme doit vivre avec la réalité. Un bon ingénieur, versé dans l'art du « possible », doit tenir compte des conditions locales et de facteurs de main-d'œuvre et de trésorerie – acquérant par là même une excellente formation au métier d'entrepreneur – s'il veut pouvoir concrétiser de bonnes idées. En intégrant aux programmes scolaires des exercices exigeant des jugements du même ordre, on devrait améliorer les possibilités de leur transposition à d'autres situations ; la création de cette possibilité dépend dans une grande mesure des méthodes pédagogiques adoptées.

Modification des méthodes pédagogiques

L'évolution des méthodes pédagogiques qu'on observe aujourd'hui peut être illustrée par la manière dont est présentée la loi de Boyle.

1. Beaucoup d'enseignants pratiquent encore la vieille méthode qui consiste à commencer par *exposer* la loi de Boyle aux élèves, puis à la leur faire illustrer par des travaux pratiques.
2. Si l'on dispose d'appareils normalisés, on peut *vérifier* avec une certaine précision les résultats théoriques présentés antérieurement aux élèves. Si l'on n'a que de mauvais appareils, les essais qu'on fera pour vérifier la loi de Boyle ne seront pas convaincants. C'est pourquoi les enseignants renoncent souvent aux travaux pratiques en incriminant le matériel.
3. Une démarche plus judicieuse, ne nécessitant que

des appareils simples, consisterait à partir d'une observation élémentaire – en dégonflant un ballon, par exemple, puis en le regonflant avec une pompe à bicyclette – pour amener éventuellement les *élèves* à découvrir qu'il existe peut-être une relation inverse entre la pression et le volume. A ce stade, l'on pourrait présenter et analyser une série de résultats typiques d'expériences faites avec de « bons » appareils. Cette approche réduit la nécessité d'un appareillage coûteux tout en permettant de discuter des « mauvais » résultats obtenus à l'aide de l'équipement rudimentaire utilisé ainsi que de chercher des moyens d'améliorer celui-ci – exercice dont la valeur éducative est excellente. (On notera que les résultats ne sont plus ni vraiment « justes », ni vraiment « faux » dans la mesure où l'on n'a aucune idée préconçue sur ce qu'il faut « prouver ».)

4. Nombre d'enseignants éclairés ont adopté la méthode que l'on vient de décrire. Toutefois, même avec l'aide de « bons » appareils, les élèves ne relient pas toujours les principes scientifiques appris aux problèmes de la vie quotidienne. S'il est fréquent que les enseignants évoquent les « applications » que la classe pourrait étudier dans la mesure du temps disponible, en général ils préfèrent s'abstenir d'entrer dans des détails techniques qu'ils connaissent assez mal.
5. Pour que l'enseignement des sciences aide réellement les individus à résoudre les problèmes de leur existence quotidienne, il faudrait au contraire *partir* de ces problèmes. Ainsi, la crevaison d'un pneu de bicyclette pourrait être pour le professeur l'occasion de montrer à ses élèves comment en déceler la cause et effectuer la réparation, tout en discutant avec eux du principe des valves et de la pression de l'air. La constatation qu'il est plus difficile d'actionner la pompe lorsque le pneu est pratiquement plein d'air mènerait presque naturellement à l'étude de la loi de Boyle sans que celle-ci soit nommée explicitement. A partir d'un problème technique, on aurait donc, par une expérimentation, conduit les élèves à comprendre la loi de Boyle. Cette façon de procéder est à l'opposé de la démarche pédagogique habituelle.

On ose espérer qu'un enseignement des sciences appliquées ainsi conçu aiderait les élèves à apprendre à réparer et entretenir des machines très diverses.

Importance des sciences appliquées

Pour illustrer la nécessité de faire une plus large place à l'enseignement des sciences appliquées, on peut citer quelques exemples d'erreurs tout à fait courantes commises par les élèves en dépit des patientes explications des professeurs.

1. L'élève auquel on demande de choisir un compteur pour déceler le courant induit par l'insertion d'un aimant dans un petit circuit de fil métallique choisit un compteur de 5 ampères et s'étonne que celui-ci n'indique aucune déflection.
2. L'élève auquel on présente du fil de cuivre émaillé (du type servant à monter les transformateurs) ne perçoit pas qu'il faut dénuder le fil pour que le contact électrique s'établisse.
3. L'élève essaie de souder de gros éléments d'aluminium ou d'acier au moyen d'un petit fer à souder conçu pour les travaux d'électricité.
4. L'élève essaie de visser de force des écrous sur des boulons sans se rendre compte que des filetages différents sont incompatibles.
5. L'élève ne sait pas qu'il est indispensable d'utiliser du fil électrique d'une certaine épaisseur pour monter les circuits d'alimentation des éléments chauffants. Il ne sait pas non plus pourquoi il existe des fusibles de différentes dimensions.

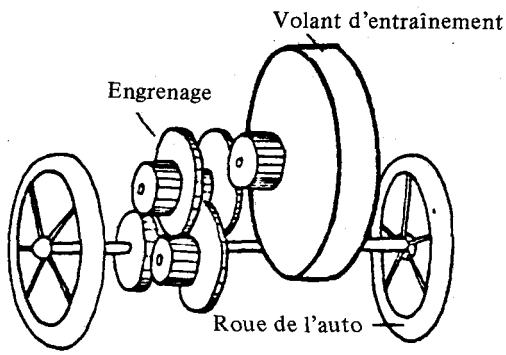
Pour éviter les erreurs de ce genre, il ne suffit pas de faire faire des travaux pratiques dans les laboratoires scolaires à l'aide d'appareils soigneusement choisis pour éviter tout problème. Il faudrait placer délibérément les élèves dans des situations comportant des risques d'erreur. Et c'est lorsqu'ils auraient effectivement commis des erreurs qu'on pourrait les amener à comprendre les principes scientifiques fondamentaux dont la connaissance les aiderait à éviter de retomber plus tard dans le même type d'erreur.

Comment acquérir une compétence technique

Si le nombre de personnes appelées à devenir des artisans qualifiés est infime, il est néanmoins indispensable que beaucoup de gens acquièrent les connaissances et compétences techniques nécessaires pour assurer l'entretien et la réparation de leur habitation et des machines qui, de plus en plus, jouent un rôle essentiel dans la vie quotidienne. Les professeurs de sciences ont une responsabilité particulière à cet égard : celle de montrer par l'exemple qu'ils savent faire « marcher » des appareils, diriger la réparation du matériel scolaire et en fabriquer du neuf à partir des matériaux locaux, pour économiser les moyens de l'établissement.

Cela n'est guère facile, car, dans de nombreuses régions peu développées, les personnes qui ont eu la

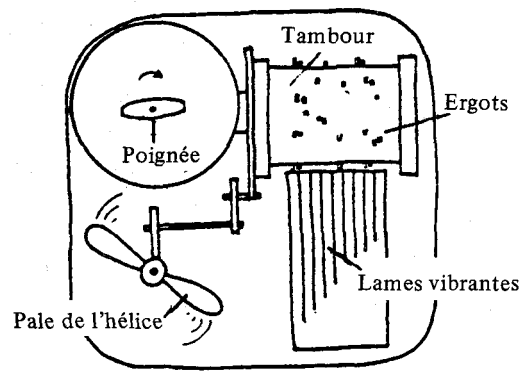
Trousses de technologie appliquée (extrait)



Modèle réduit d'automobile à entraînement à friction

Questions suggérées au sujet du moteur de modèle réduit d'automobile

1. Faites avancer l'auto sur la table puis soulevez-la. Les roues continuent à tourner. Pourquoi ? Remarquez le gros « volant d'entraînement » métallique.
2. Remarquez également que le mouvement est très difficile à amorcer, mais qu'ensuite il se poursuit longtemps. Avez-vous une explication à proposer ?
3. Comment les dimensions du volant d'entraînement et la densité du matériau influent-elles sur le fonctionnement de l'auto ?
4. Pourquoi y a-t-il tant d'engrenages ? Comptez le nombre de révolutions accomplies par le volant d'entraînement à chaque tour de roue. Quel est le rapport d'engrenage global ?
5. Cherchez d'autres mécanismes qui comprennent un volant d'entraînement. Certains volants ont un bord extérieur épais et des rayons comme une roue de bicyclette. Quel avantage cela leur confère-t-il ? Pourquoi est-il avantageux de coupler un volant d'entraînement avec un moteur à essence ?
6. Cherchez d'autres exemples courants d'engrenage ; essayez d'expliquer pourquoi on les utilise.



Mécanisme de boîte à musique

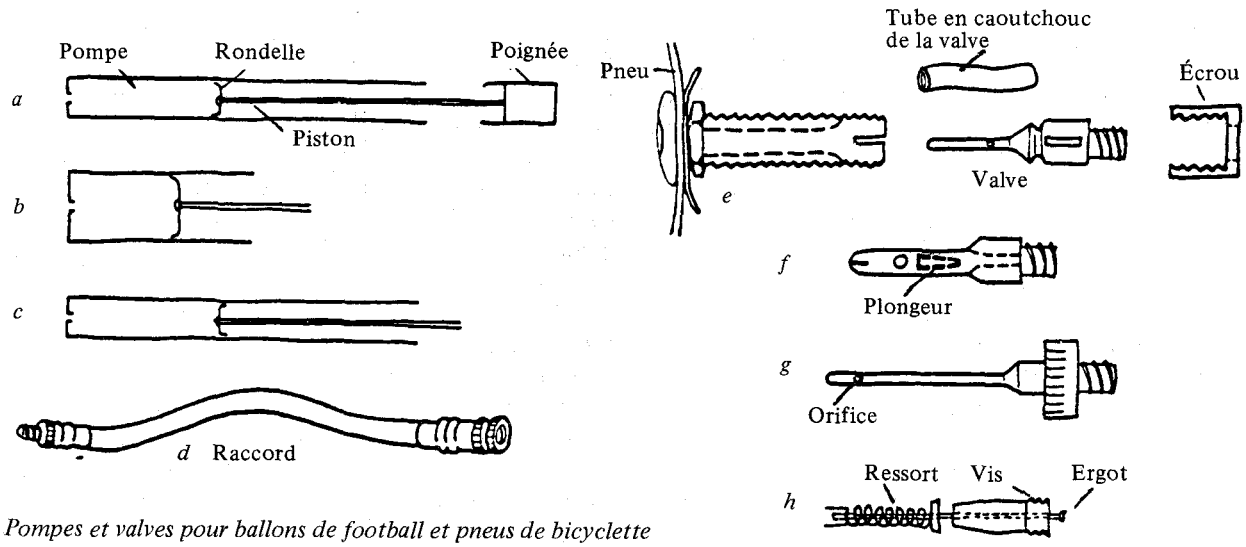
Questions suggérées au sujet du mécanisme de boîte à musique

1. Remontez le mécanisme. Qu'est-ce qui fournit l'énergie ?
2. A mesure que le tambour tourne, les ergots pincent les lames métalliques. Celles-ci vibrent et produisent le son. Quelles sont les lames qui produisent les notes aiguës, les courtes ou les longues ? Qu'est-ce qui détermine le rythme de la mélodie ?
3. Pourquoi est-il difficile d'arrêter le mécanisme en retenant le tambour qui tourne lentement, mais très facile de le faire en effleurant les pales de l'hélice qui tournent très vite ?
4. Remarquez que la musique continue à jouer pratiquement à la même vitesse jusqu'à ce que le mécanisme s'arrête, le ressort étant détendu. Pouvez-vous expliquer comment le mouvement rapide de l'hélice contribue à assurer cette régularité ?
5. Posez la boîte à musique à plat sur le bord de la table. Savez-vous pourquoi le son produit est maintenant beaucoup plus fort ? Pouvez-vous citer d'autres exemples courants du même phénomène ?

---

chance de faire des études secondaires ont reçu une instruction purement théorique et ne comportant au mieux que peu de travaux manuels. Dans les cas où une formation pratique a été dispensée, celle-ci s'est souvent limitée au façonnage de pièces de bois ou de métal et à la réalisation d'assemblages courants et de meubles simples. Or, dans les régions en contact avec l'industrialisation urbaine, il est moins nécessaire de savoir fabriquer des objets qui peuvent être produits plus économiquement par une usine ou un atelier local que de pouvoir effectuer de menues réparations et concevoir des modifications en fonction des besoins.

Il faudrait qu'à un moment ou un autre de la scolarité secondaire, c'est-à-dire pour la grande majorité des enfants au cours des trois premières années (puisqu'ils n'iront probablement pas plus loin), les élèves acquièrent quelques rudiments de plomberie, de soudure, de vitrerie et d'électricité et qu'ils se familiarisent avec les propriétés de divers matériaux comme les différents bois, métaux et matières plastiques disponibles. Il est également nécessaire qu'ils acquièrent une certaine pratique et une certaine assurance dans



Pompes et valves pour ballons de football et pneus de bicyclette

Questions suggérées au sujet des pompes et valves

1. Quels seraient les avantages et les inconvénients de l'utilisation **a)** d'une pompe plus longue et/ou **b)** d'une pompe plus large ?
2. Démontez la pompe et examinez le bout du piston. Il est généralement fait d'une rondelle incurvée de cuir ou de matière plastique. Comment cette rondelle fait-elle office de valve ? Que se passerait-il si la rondelle était incurvée dans le sens inverse comme sur le schéma **c)** ?
3. Vissez le raccord – **d)** sur le schéma – sur le pneu de la bicyclette et pompez. Pourquoi le pompage devient-il de plus en plus difficile ? Pourquoi le pneu ne se dégonfle-t-il pas une fois la pompe enlevée ? Examinez la valve du pneu – **e)** sur le schéma.
4. La valve classique est faite d'un morceau de caoutchouc recouvrant un petit orifice ; l'air insufflé par la pompe repousse le caoutchouc et pénètre ainsi dans le pneu. Les modèles plus modernes de valves – **f)** sur le schéma – comportent un plongeur. Soufflez dans la valve ou agitez-la : vous devez entendre le plongeur ou le voir se déplacer. (Sous pression, le plongeur est repoussé, permettant à l'air d'entrer ; lorsqu'on cesse de pomper, la pression de l'air à l'intérieur du pneu, qui est supérieure à celle de l'atmosphère, remet le plongeur en place, fermant l'orifice.) Comprenez-vous maintenant comment le plongeur fonctionne ?
5. Examinez l'adaptateur de la pompe qui permet de gonfler un ballon de football – **g)** sur le schéma. Insérez-le dans le ballon et pompez. Maintenant retirez-le. Qu'est-ce qui empêche l'air de ressortir ? (Vous remarquerez que les pompes comprennent généralement une valve incorporée.)
6. Examinez la valve d'un pneu d'automobile – **h)** sur le schéma. Une fois vissé, le ressort comprimé ferme l'orifice empêchant l'air de s'échapper ; l'orifice s'ouvre lorsqu'on repousse l'ergot. Examinez d'autres pompes – celles qui sont utilisées, par exemple, pour aérer l'eau d'un aquarium ou faire monter de l'eau. Essayez de déterminer comment elles fonctionnent et rapportez vos observations.

---

l'analyse du fonctionnement des choses et des causes de panne. Dans cette optique, la réparation d'une vieille voiture pourra à l'occasion retenir l'attention ; toutefois, la majorité des écoles et des enseignants devront tirer parti d'objets peu coûteux, faciles à trouver, susceptibles d'être utilisés au besoin dans une salle de classe ordinaire avec le minimum d'outils et de matériel supplémentaire. En fait, leur temps étant mesuré, il faudrait que les professeurs aient toujours à leur disposition des jeux d'objets simples accompagnés d'instructions détaillées afin d'organiser pour les élèves des activités qui favorisent l'étude minutieuse de la conception et du fonctionnement de ces objets.

C'est pour répondre à ce besoin que nous avons mis au point des modèles de trousses de technologie constituées de jouets et d'objets à usage domestique pour donner aux élèves de quoi « se faire la main » dans le domaine technique. Ces trousses comprennent des outils et des matériaux simples qui ne sont pas destinés à être utilisés pour réaliser des constructions élaborées, mais doivent servir de matériel d'enseignement permettant l'étude de leur emploi, bon et mauvais.

Choix des matériaux. La trousse à métaux

Dans la plupart des cours de travaux manuels, on fournit aux élèves des matériaux préparés – bois ten-

dre ou acier doux – en leur montrant comment les façonner selon des plans préétablis. On ne leur donne guère la possibilité d'étudier d'autres matériaux en considérant les besoins de l'acheteur potentiel, les contraintes de la construction et l'aspect esthétique pour décider de ceux qui conviennent ou ne conviennent pas pour tel ou tel travail. Pour remédier à cela, on a préparé des jeux d'échantillons de différents bois, matières plastiques et métaux. La trousse de métaux par exemple contient une vingtaine de petits échantillons choisis de manière à illustrer les propriétés particulières de chaque métal. Ainsi, le cuivre est représenté par du fil électrique, l'aluminium par un rivet et un petit morceau extrudé de ce métal, le chrome par un bouton plaqué, l'acier inoxydable par un maillon de chaîne de bracelet-montre (non magnétique), le plomb par du lest de fil à pêche, l'acier doux par un écrou, l'acier trempé par une lame de scie ; on trouvera même un petit morceau de feuille d'or battu suffisamment mince pour s'envoler au moindre souffle. Il est proposé, lorsque c'est possible, de réaliser diverses expériences permettant de comparer ces propriétés, la dureté et la ductilité par exemple ; les élèves sont également encouragés à rechercher les différents métaux qui sont utilisés dans la vie courante et à se demander pourquoi on a choisi tel genre de métal pour tel usage – pourquoi, sur le plan scientifique, c'est précisément le plomb qui sert souvent à lester le fil à plomb, le laiton à fabriquer les prises électriques et le bronze phosphoreux les ressorts de suspension.

Les « chevilles » de la technologie. La trousse à boulons et écrous

Pour effectuer les menues réparations, on a souvent besoin d'écrous, de boulons, de vis et de clous, mais, pour choisir le type de « cheville » qui convient le mieux dans chaque cas, il faut savoir quelle est la fonction mécanique qui entre en jeu. Pourquoi, par exemple, existe-t-il différents filetages de vis ? Pourquoi se sert-on dans tel cas de telle clé ou tel tournevis ? La trousse contient une poignée de tournevis avec trois lames interchangeables ; des clés ouvertes et fermées, une clé réglable, une clé en tube, un taraud et deux boîtes d'écrous, vis et boulons mécaniques assortis, vis à bois, crochets et rondelles. Les outils sont de petits modèles bon marché, qui se prêtent parfaitement à l'utilisation en classe aux fins d'étude, mais ne sont pas faits pour un usage pratique prolongé. La trousse comprend aussi un mode d'emploi indiquant les raisons d'utiliser chaque article.

Techniques élémentaires. La trousse d'électricité

Dans les écoles équipées d'ateliers rudimentaires, l'apprentissage des techniques de base se limite souvent au découpage et au perçage du bois et, quelquefois, du métal ; à moins de fréquenter une école spéciale de formation professionnelle, on n'a guère la possibilité de se familiariser avec des domaines comme l'électricité, la soudure et la vitrerie domestiques. Dans les pays en développement, il serait incontestablement difficile d'offrir à tous les élèves le moyen d'acquérir des compétences artisanales d'un niveau professionnel, mais ce n'est pas une raison pour ne pas leur donner une formation élémentaire dans ces domaines. N'importe qui devrait être capable, par exemple, de monter correctement une prise électrique ou de chercher le fusible qui a « sauté », même s'il est recommandé de recourir à un électricien pour installer un tableau coupe-circuit. Chacun devrait également savoir quels sont les différents types de fil qu'on utilise pour monter un microphone, une antenne de télévision, les éléments d'une cuisinière électrique, etc. La trousse spéciale d'électricité comprend donc un certain nombre de types de fils différents qu'il faut identifier, une prise à monter, un tournevis testeur de courant et une lampe électrique transformée en ohmmètre. Ce matériel d'enseignement doit fournir les bases pratiques de l'étude en classe de ce qu'il faut faire ou ne pas faire pour réaliser les montages électriques domestiques. Certes, un bon professeur de physique aura déjà traité beaucoup des points ci-dessus ; cependant, les applications techniques sont souvent négligées à moins d'être expressément prévues dans les programmes. (Pour plus de détails, voir l'annexe ci-après, p. 47).

Quelques applications élémentaires de la technologie

La connaissance élémentaire des outils et des procédés, acquise grâce aux trousses que nous venons de décrire, étayée si possible par des travaux pratiques en atelier, devrait permettre à l'élève de s'attaquer à des problèmes techniques un peu plus complexes. Pour vivre dans le monde matériel moderne, il faut en effet comprendre le fonctionnement des machines et savoir pourquoi elles ont été conçues de telle ou telle manière, quelles sont les pièces qui peuvent tomber en panne et comment réduire au minimum les risques de panne, comment effectuer des réparations simples et, enfin, comment décider si celles-ci sont économiquement valables. Dans beaucoup de pays très dévelop-

pés, le coût élevé de la main-d'œuvre a encouragé le bricolage et de nombreux jeunes ont appris avec leur père à réparer un robinet ou une chaise, à repeindre la maison ou à effectuer les menus travaux d'entretien et de réparation de l'auto familiale. Il est néanmoins de nombreux domaines où le professeur de sciences peut développer et approfondir les connaissances des élèves. La difficulté consiste à leur fournir à bas prix du matériel adéquat, utilisable régulièrement tout au long d'un cours et non pas seulement dans le cadre d'un projet occasionnel, entrepris par suite de l'acquisition d'une vieille moto par exemple.

La solution réside, semble-t-il, dans l'utilisation de matériel simple d'usage courant : instruments de cuisine ou appareils ménagers, matériel de bureau, jouets d'enfant – un ouvre-boîtes par exemple, ou bien une agrafeuse, un modèle réduit de voiture à entraînement à friction, ou un mécanisme de boîte à musique. Il est vrai que même les articles comme ceux-ci sont rares dans les régions rurales peu développées ; mais l'on y trouvera bien une bicyclette, une pompe d'irrigation ou certains instruments agricoles. Tous ces objets peuvent servir à aiguiser le sens technique des élèves à condition que les questions posées à ceux-ci soient les bonnes. On notera que les objets cités comprennent tous des pièces mobiles. Cela est important, car c'est l'observation de la relation entre ces pièces mobiles qui incitera l'élève à chercher comment la machine fonctionne. Pour répondre à ce besoin, nous travaillons à l'heure actuelle sur la mise au point de différentes trousses de « technologie appliquée », elles sont partiellement décrites et illustrées ci-dessus (p. 40 et 41).

Jouets scientifiques

Les récents progrès de la technologie des circuits imprimés ont permis de concevoir toute une série de jouets électroniques, dont les enfants apprennent très vite à maîtriser le fonctionnement. Dans quelle mesure cela peut-il contribuer à améliorer l'instruction (ou l'économie) dans les pays en développement ?

Ces jouets scientifiques peuvent permettre une certaine expérimentation personnelle propre à accélérer la compréhension, mais il serait irréaliste de songer à les distribuer en nombre suffisant pour permettre un apprentissage individuel. En outre, l'organisation traditionnelle des cours et des examens s'opposerait certainement à ce qu'ils soient introduits rapidement et partout.

Sans doute les écoles pilotes disposant de fonds propres seront-elles prêtes à payer le prix des avantages de ces jouets. Mais il paraît improbable que ceux-ci aient sur l'instruction de l'élève moyen un effet plus sensible que les machines à enseigner ou l'enseignement programmé. Toutefois, il existe beaucoup de jouets ingénieux susceptibles de fournir pour un coût minime le point de départ d'observations scientifiques et techniques les plus diverses. Le gyroscope et le canard « buveur » (ludion) sont bien connus. (Il faut choisir un canard sans trop de plumes pour que les élèves puissent observer la montée du liquide.) On pourrait citer aussi le pivert qui descend le long d'une tringle verticale en becquetant, la grenouille sauteuse, l'acrobate sur sa corde raide et le pantin qui tourne autour d'un aimant.

Ces jouets sont relativement courants dans les bazars et l'on peut se demander pourquoi on les trouve si rarement dans les laboratoires scolaires. La réponse est tout simplement qu'ils ne sont pas mentionnés expressément dans les programmes.

De ce fait, ils ne figurent pas dans les catalogues des firmes qui vendent du matériel scientifique, lesquelles, de toute façon, craindraient sans doute que les coûts de distribution de ces articles ne soient trop élevés, comparés au profit qu'elles pourraient raisonnablement escompter retirer de leur vente. La solution du problème réside probablement dans l'établissement de relations directes entre les concepteurs des programmes scolaires et les fabricants ou importateurs de jouets. Si les éducateurs ne peuvent prendre le risque d'être accusés de dilapider les deniers publics en achats de jouets, peut-être persuadera-t-on un généreux fabricant de cigarettes de le faire ; qui sait même s'il n'y verra pas une bonne occasion d'alléger ses scrupules de conscience.

La technologie dans les programmes d'enseignement des sciences

Si l'on veut intégrer une pratique élémentaire de certains outils et techniques à l'enseignement général pour tous, il faut la faire figurer dans le premier cycle de l'enseignement secondaire, sans augmenter pour autant le coût unitaire des cours de sciences qui, dans bien des cas, excède déjà les moyens des pays en développement. Dans la mesure où les traitements des enseignants représentent la majeure partie des dépenses d'enseignement, il est essentiel de concevoir un programme qui n'exige pas de réduire les effectifs des classes ; autrement, l'introduction de ces travaux techniques exigera davantage de personnel, accroîtra

les dépenses et retardera la poursuite de l'expansion de l'éducation. Étant donné les pressions qui s'exercent en faveur de l'élargissement des programmes et la nécessité d'éviter toute dichotomie entre les études de culture générale, axées sur l'expression verbale, et très prisées, et le travail manuel à orientation professionnelle, sans avenir et déprécié, il faut que le cours de technologie puisse attirer les élèves capables. C'est pourquoi il devrait être assimilé à un programme « moderne » d'enseignement des sciences, mettant l'accent sur la compréhension de mécanismes, plutôt qu'à un cours de travaux manuels privilégiant l'acquisition d'un savoir-faire pratique. A moins de modifier les programmes des examens, il peut toutefois se révéler difficile de trouver de la place pour cet élément technique dans les programmes déjà surchargés d'enseignement intégré des sciences. En Asie, où les normes d'étude des mathématiques sont souvent relativement élevées, il semble qu'on pourrait réattribuer aux sciences appliquées ou aux techniques l'une des heures hebdomadaires consacrées sur une année scolaire à cette matière et dégager une autre heure de cours sur le temps alloué aux sciences fondamentales. Si l'on disposait ainsi de deux heures par semaine pendant la dernière année du premier cycle du secondaire, on pourrait concevoir de manière appropriée un cours d'études techniques de brève durée, surtout s'il était possible de le combiner aux cours préexistants de travail du bois ou du métal. Cela n'empêcherait pas d'offrir, dans certaines écoles spécialement aménagées, un cours d'étude approfondie des sciences appliquées ou de la technologie industrielle, mais il serait difficile de justifier et de financer l'ouverture d'un grand nombre d'écoles de ce type s'il fallait les doter de l'équipement et du personnel préconisés dans les pays développés.

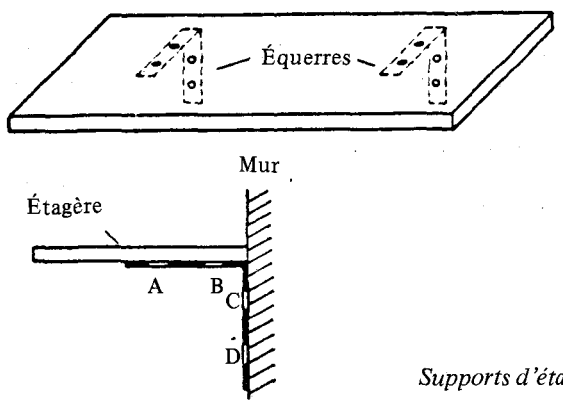
Objectifs

Les objectifs du cours d'études techniques élémentaires envisagé devront être énoncés dans le détail sur le plan des attitudes ; nous nous bornerons ici à donner quelques brèves indications générales.

1. Tout d'abord, il ne s'agit pas de réaliser des constructions compliquées – cela reste du domaine des artisans qualifiés ou de la fabrication industrielle en série. Il faudrait cependant que les élèves soient informés des procédés, problèmes et facteurs de coût en jeu.
2. L'objet serait d'étudier la méthode qui convient le mieux pour réparer les objets de bois, de métal et de plastique. Cela suppose des notions élémentaires sur les moyens d'assemblage, les adhésifs et la soudure. Il est également important d'évaluer le temps nécessaire pour effectuer la réparation, car cela influera sur le coût de cette opération et donc sur la décision de réparer l'objet ou de le remplacer.
3. Il faudrait attirer l'attention des élèves sur la nécessité d'entretenir et de préserver les objets en les graissant et en les peignant et aborder des questions comme celles de savoir comment dévisser des boulons rouillés, enlever les taches et améliorer la finition des surfaces au moyen de produits à polir.
4. Il ne s'agit pas de faire apprendre aux élèves les détails techniques précis de la conception de certaines machines. Il faut seulement les familiariser suffisamment avec leurs fonctions élémentaires pour qu'ils puissent déceler une défectuosité et décider si la réparation peut être effectuée par une personne non qualifiée ou s'il faut faire appel à un spécialiste. Des objets relevant de n'importe quelle technique pourront être utilisés à cette fin. Cela permettra de réduire au minimum le coût des travaux pratiques (autrement dit, c'est la possibilité de se procurer des matériaux qui déterminera dans une grande mesure la nature de ces travaux et non l'inverse).
5. Enfin, il faudrait que les élèves prennent conscience des facteurs qui déterminent le choix d'une technologie *appropriée* pour résoudre un problème. Il conviendrait de les dissuader de concevoir des espérances chimériques qui risqueraient d'absorber un capital précieux et de saper prématurément la volonté d'entreprendre des tâches manuelles, laborieuses. Ainsi la fabrication d'articles de luxe, à l'exception de ceux qui sont destinés à l'exportation, ne devrait pas absorber des ressources qui pourraient être plus fructueusement employées à améliorer l'approvisionnement alimentaire et l'état de santé général de la population. Les enseignants qui ont reçu leur formation dans un cadre urbain moderne ne doivent pas perdre de vue les traditions culturelles locales, non plus que les limites des débouchés professionnels qui s'offrent à leurs élèves. Il importe qu'ils évitent de perturber involontairement une société qui n'aurait pas la possibilité de changer de mode de vie. C'est, indirectement, par leurs attitudes plutôt que par un enseignement direct, que les professeurs feront le mieux passer ces idées sociales, même s'il faut créer des occasions de signaler celles-ci à l'attention des élèves là où c'est possible.

Examens

La réalisation des objectifs des programmes scolaires dépend dans une grande mesure des moyens d'évaluation employés. Si ceux-ci consistent en un examen écrit faisant appel à la mémoire factuelle demandant par exemple de nommer les différentes sortes de vis, beaucoup d'élèves et d'enseignants se borneront à cette mémorisation, même si l'objet explicite du cours est d'encourager *l'utilisation* effective des vis. On peut dans une certaine mesure surmonter ce problème en modifiant la nature des questions posées à l'examen et en demandant par exemple ce qu'il faut faire dans une situation concrète, lorsqu'un accident se produit. Voici quelques exemples de questions de ce genre.



Supports d'étagère

Question 1. Alors que vous êtes en train de réparer un coffre ancien en bois dur, vous cassez une vis de laiton en l'enfonçant. Quelles sont les causes possibles de cet incident ; que suggérez-vous de faire ? Comment retireriez-vous la vis cassée sans trop endommager le coffre ?

Question 2. Vous voulez installer rapidement une étagère au moyen de deux équerres identiques à celles qui sont représentées sur le dessin, mais vous n'avez que la moitié des vis nécessaires. A supposer que vous décidiez de fixer chaque équerre au moyen de deux vis seulement, où mettriez-vous ces vis pour obtenir le maximum de solidité – aux points A, B, C, ou D ?

Question 3. Vous voulez acheter une nouvelle cuisinière, mais vous craignez que son fonctionnement ne coûte trop cher ? Quels sont les avantages et les inconvénients de l'utilisation de l'électricité, du gaz, du kérosène et du charbon de bois pour la cuisson domestique ? Renseignez-vous sur les coûts comparés de ces combustibles dans votre région et trouvez leurs unités de mesure. Par quel moyen pourriez-vous vérifier leurs rendements relatifs ? En quoi pensez-vous que ces coûts seraient différents si vous habitiez une région urbaine très développée et non une région rurale sous-développée ?

Question 4. Vous constatez qu'un outil agricole est rouillé et que les écrous qui servent à le fixer ne tournent plus : Comment allez-vous faire pour les desserrer ? Que feriez-vous pour protéger cet outil contre la rouille à l'avenir ? Proposez un plan d'entretien et imaginez un moyen de protection.

Où trouver des professeurs pour enseigner la technologie

La demande de l'industrie accaparant les techniciens hautement compétents, les professeurs de travaux manuels sont souvent recrutés parmi ceux qui, moins performants, ont quelque difficulté à trouver un poste bien rémunéré dans le secteur secondaire. Par ailleurs, si l'offre de professeurs de sciences fondamentales est généralement suffisante, dans bien des cas leur formation technique laisse malheureusement à désirer. Il faudrait donc aider les professeurs de sciences en poste à améliorer leurs compétences techniques, de sorte qu'ils hésitent moins à introduire la technologie à l'école et soient mieux armés pour le faire. L'intégration des matières techniques aux programmes créera une nouvelle génération d'élèves – et, à terme, de professeurs de sciences –, plus ouverte par sa formation aux questions techniques. Cette évolution sera favorisée par le développement industriel général dans la mesure où l'extension de l'équipement des ménages sensibilisera la population à la technologie et où l'élévation des coûts de main-d'œuvre rendra le recours au « bricolage » plus nécessaire.

La proposition formulée ci-dessus tendant à réserver à la technologie deux heures d'enseignement par semaine pendant une année scolaire, de préférence la dernière du premier cycle secondaire, ne vise qu'une soixantaine d'heures au total dont une vingtaine pourrait être consacrée à des travaux pratiques. Les aspects théoriques de la formation seraient donc traités en quarante heures d'enseignement et de discussion. Les professeurs de sciences devraient pouvoir acquérir rapidement le niveau de compétence relativement peu élevé requis pour enseigner ce cours élémentaire, surtout s'ils conçoivent leurs fonctions comme consistant à faire l'analyse critique du matériel technique fourni plutôt qu'à se poser en artisans qualifiés ou en technologues confirmés.

Matériel et laboratoires de technologie élémentaire

Pour ce qui est de l'entretien du matériel scientifique, on se rappellera des vieux dictons : « un point à temps en épargne cent » et « qui épargne, gagne ». Que l'on songe au magnifique matériel devenu inutilisable parce qu'un bouton essentiel « s'est détaché » et à tous les compteurs cassés qui s'empilent au fond des placards d'école ! Si réellement l'on tient aux appareils scolaires, il faudrait alors offrir un programme qui puisse former aux aptitudes nécessaires pour une réparation. Il faudrait que les établissements et leur personnel s'emploient à « récupérer » ce matériel coûteux en prouvant qu'ils savent utiliser avec succès des objets simples. C'est mal investir que d'offrir un équipement onéreux à un personnel qui ne s'y intéresse pas ou qui est incompétent pour l'utiliser. Il serait certes désastreux d'introduire dans les programmes une nouvelle matière technique sans disposer de matériel convenable, mais encore pire d'équiper les écoles de somptueux ateliers voués à se rouiller faute de servir. Toutefois, le cours envisagé ne devant s'étaler que sur soixante heures, une vingtaine de jeux de matériels différents suffirait. Nous avons déjà conçu les prototypes de ce matériel pour les sujets suivants : bois ; métaux ; plastiques ; verre ; vis et écrous ; clous et rivets ; scies et perceuses ; limes et ciseaux ; montages électriques ; soudure ; adhésifs ; charnières et cornières ; attaches et glissières ; engrenages et mouvements ; pompes et presses ; les hélices et le vol ; les horloges et le temps ; sonnettes et timbres ; constructions et résistance. L'un des principaux arguments avancés contre l'introduction d'études techniques dans les programmes repose sur le postulat qu'elles exigent absolument des ateliers complexes et extrêmement coûteux. Il est certain qu'un programme complet d'étude des techniques artisanales, du dessin industriel et de la technologie menant jusqu'au niveau de l'entrée serait très onéreux ; mais, pour commencer, on pourrait fort bien donner, dans les laboratoires de science, ou même les salles de classe ordinaires, un modeste cours d'études techniques élémentaires. Ainsi, pour faire examiner aux élèves les différentes sortes de vis, on pourrait aisément les grouper en équipes de deux ou quatre dans une salle de classe ; il serait de même parfaitement possible d'enseigner la soudure dans le laboratoire de sciences.

Il faudrait que les professeurs de sciences se constituent une collection de « gadgets », écrous et boulons, bois, métaux et plastiques de récupération – comme le font en réalité depuis longtemps les bons enseignants soucieux de se construire un matériel pédagogique simple. Dans la mesure de la place disponible, les locaux réservés aux sciences pourraient aussi recevoir des objets comme de vieilles bougies d'automobile, des alternateurs et batteries usagés, donnés par des parents, des entreprises ou des garages. Cette association de la collectivité aux activités scolaires pourrait être mutuellement avantageuse, car elle donnerait à l'enseignant la possibilité de faire office de conseiller sur les problèmes scientifiques et aux élèves celle d'effectuer sous sa supervision des travaux à temps partiel pour des tiers, afin de « rallonger » le budget que l'école pourrait consacrer à l'achat de nouveaux matériels.

Conclusion

Nous espérons avoir montré dans le présent article pourquoi il conviendrait d'offrir un cours élémentaire de technique aux élèves des écoles secondaires, vers l'âge de 14 ou 15 ans ; ce cours pourrait avoir lieu dans les laboratoires de sciences existants et n'exigerait alors qu'un minimum de temps, de matériel et, pour les enseignants, de formation supplémentaire. Les contraintes des examens influeront sans doute sur l'intégration effective de ce cours dans les programmes, mais, au niveau du premier cycle du secondaire, il n'y a aucune raison pour qu'elles soient déterminantes. Les obstacles devraient donc être inexistants. Quant à savoir si ce cours aurait bien pour effet d'enseigner aux élèves à résoudre des problèmes concrets, cela dépendrait dans une grande mesure des méthodes pédagogiques adoptées. Il ne servirait pas à grand-chose de leur faire apprendre par cœur les désignations techniques des objets sans leur en montrer la finalité. Pour aider les enseignants appelés à animer ce cours, il faudrait donc rédiger des notes d'information qui précisent les objectifs comportementaux à viser, en partant de problèmes réels et en mettant davantage l'accent sur les applications de l'enseignement à la vie quotidienne qu'on ne le fait généralement à l'heure actuelle dans les cours ordinaires de sciences pures. Quant à savoir si ces études techniques seraient bénéfiques pour la collectivité ou si elles ne favoriseraient que l'apprentissage d'une technologie inadéquate, prisée pour des raisons de « prestige », c'est une autre question. Il incombera aux enseignants de s'assurer qu'ils privilégient bien les solutions pratiques, impliquant l'utilisation rationnelle des ressources minimes. C'est leur talent en cette matière qui permettra en définitive aux pays peu développés d'accroître leur productivité et d'élever ainsi le niveau de vie de leur population.

Annexe Montages électriques

Vous avez tous vu différents bouts de fil électrique, mais sauriez-vous choisir le type de fil qui convient pour chaque usage ? Cette trousse doit vous permettre d'apprendre à choisir correctement du fil ainsi qu'à monter une prise et à déterminer si un fil s'est rompu.

1. Regardez le gros fil dénudé de couleur orangée. Il est en cuivre. Il se plie aisément, mais, ce qui est plus important, c'est un excellent conducteur électrique le long duquel la déperdition de courant est minime.

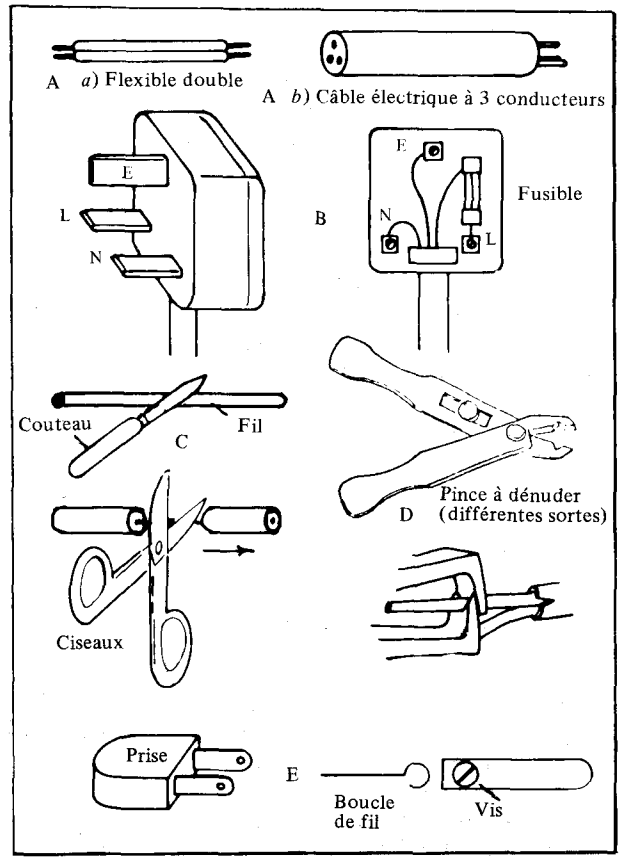
2. Le fil électrique est souvent du flexible double contenant deux fils jumelés (voir l'échantillon fourni, schéma A, **a**). Ce fil convient pour alimenter votre lampe de bureau, mais il n'est pas suffisamment épais pour alimenter un réchaud ou une bouilloire électriques qui consomment du courant de forte intensité.

3. Pour ces appareils chauffants, on utilise du câble plus épais comprenant en général trois fils, appelés âmes ou conducteurs, recouverts chacun d'une gaine isolante de couleur différente (A, **b**). Il existe un code international des couleurs qu'il faut respecter dans le montage des prises électriques. Le *brun* (rouge) doit être utilisé pour la borne de phase (L), le *bleu* (noir) pour la borne neutre (N) et le *jaune/vert* (vert) pour la mise à la *terre* (E). La couleur mentionnée entre parenthèses correspond à l'*ancien* code, actuellement en voie d'abandon. Remarquez que le fil de mise à la terre est généralement raccordé au boîtier métallique de l'appareil, de sorte qu'une personne qui toucherait celui-ci ne reçoivent pas de décharge électrique en cas de défectuosité dans le circuit (schéma B).

4. Il est particulièrement important de bien assurer le raccordement à la terre lorsqu'on utilise, comme c'est le cas en Angleterre, un voltage élevé (200-250 volts). Aux États-Unis d'Amérique, la tension est communément de 110 volts, mais l'intensité de courant requise est alors double. Chaque fois que vous effectuez un branchement sur le réseau électrique principal, faites très attention à ne pas toucher les fils dénudés sous tension, en particulier si vous avez les mains humides. L'eau est normalement un très bon conducteur de l'électricité et vos mains mouillées prolongées par votre corps constitueraient une excellente voie de fuite à la terre : vous recevriez une très forte décharge électrique qui pourrait être fatale.

5. Le fil électrique ménager est généralement recouvert d'une gaine isolante de caoutchouc ou de matière plastique souple qu'il faut enlever avant d'établir un contact électrique. On peut utiliser pour ce faire le couteau ou les ciseaux inclus dans la trousse (schéma C). Faites attention à ne pas couper le fil en enlevant la gaine. En fait, il vaut mieux utiliser une *pince à dénuder* spéciale (qui n'est pas comprise dans la trousse, mais voir le schéma D). Remarquez que, même lorsque la pince est en position fermée, il subsiste un orifice carré entre ses mâchoires coupantes. En serrant plus ou moins la vis de la pince, on peut couper les gaines de fil de différentes épaisseurs, puis les enlever en les faisant glisser latéralement, sans brisser le conducteur de cuivre qui se trouve à l'intérieur.

6. Prenez n'importe quel bout de fil électrique sous gaine et exercez-vous à enlever la gaine avec un couteau ou des ciseaux. Fixez ensuite le fil dénudé à la prise incluse dans la trousse à l'aide du petit tournevis (schéma E). Vous remarquerez que le fil doit être enroulé autour de la vis dans le sens des aiguilles d'une montre, c'est-à-dire dans le sens où l'on tourne la vis pour la serrer. Sauriez-vous dire pourquoi ?



7. Peut-être avez-vous vu, à l'intérieur des récepteurs de radio ou des transformateurs, des bobinages de fil de cuivre enroulé, les spires se touchant ; peut-être vous êtes-vous étonné que cela ne crée pas de *court-circuit* (voie d'accès plus facile par le courant électrique). En fait, le fil n'est pas nu, il est recouvert d'un vernis non conducteur. Pour le vérifier, grattez le fil de cuivre plus foncé fourni dans la trousse. Si vous utilisez ce fil *émaillé* pour monter un circuit, assurez-vous que vous en avez bien dénudé les extrémités. (Il est dangereux d'utiliser du fil émaillé pour alimenter les appareils ménagers à voltage élevé ; en pareil cas, une gaine isolante de caoutchouc ou de matière plastique est indispensable).

8. Pour vous permettre de déterminer si un fil électrique s'est rompu à l'intérieur de la gaine, là où il est invisible, un ohmmètre rudimentaire est inclus dans la trousse (schéma F). Il s'agit d'une petite lampe de 1,5 V modifiée de telle sorte que l'ampoule ne s'allume que lorsque le contacteur de laiton T est raccordé à la vis S par un bon conducteur. Si le fil qu'on veut vérifier est cassé et n'est donc plus continu, l'ampoule ne s'allume pas (retirez le couvercle blanc pour mettre en place la petite pile).

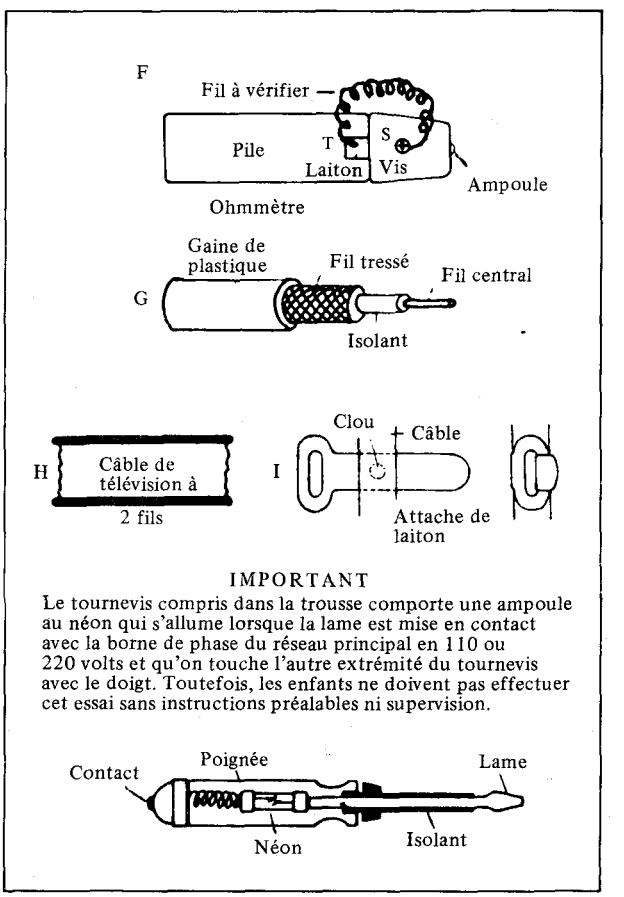
9. Examinez le fil mince recouvert d'une gaine de plastique de couleur (long de 20 cm) ; ce type de fil est utilisé dans les câbles téléphoniques souterrains. Sans la gaine, le fil a l'aspect de l'argent ; mais, si vous le grattez, vous vous apercevrez qu'il s'agit en réalité de cuivre. On l'a recouvert d'une mince couche d'étain qui assure un bon contact électrique parce qu'il ne se ternit pas. Le toron de fils dénudés et torsadés fourni dans la trousse est aussi en cuivre étamé. On utilise souvent ce type de fil pour raccorder à la terre les circuits électriques ménagers.

10. Regardez le bobinage de fil de couleur argentée rangé dans l'étui en plastique. S'agit-il de cuivre étamé ? Essayez d'en gratter l'extrémité. Cette fois, il ne s'agit *pas* d'un revêtement d'étain. C'est du fil en *alliage nickel-chrome* qui sert à fabriquer les éléments chauffants électriques. L'alliage de nickel et de chrome se caractérise par une très forte résistance au passage d'un courant électrique – environ 63 fois celle du cuivre. C'est cette résistance qui est à l'origine de la production de chaleur. On peut vérifier la puissance de cette résistance au moyen de l'ohmmètre comme cela est expliqué plus loin.

11. Regardez le fil argenté d'aspect terne (20 cm). C'est du *fil de fer* qui a été galvanisé pour empêcher l'action de la rouille. Sa résistance est plus élevée que celle du cuivre et on ne l'utilise pas normalement dans les montages électriques. Le fil de fer est solide et pourtant extrêmement souple. Pouvez-vous dire à quoi il sert ?

12. Pour protéger les habitations et les appareils électriques contre les dégâts causés par la surcharge de courant liée à un défaut, on inclut souvent un *fusible* dans le circuit. Celui, fait de fils minces souvent montés dans un tube en verre, fond brutalement lorsque l'intensité du courant dépasse un certain seuil. Lorsque ce fusible « saute », le circuit se trouve coupé et le courant cesse de passer. Examinez le fusible inclus dans la trousse. Remarquez qu'une intensité nominale est indiquée dessus. Celle-ci varie en fonction de l'épaisseur du fil. Dans les circuits d'éclairage de 200 V, on utilise normalement un fusible de 5 A, mais il faut un fusible de 13 A ou 15 A pour monter les circuits d'alimentation des radiateurs et des chauffe-eau électriques qui consomment beaucoup de courant. Un petit fusible est généralement incorporé dans le boîtier des appareils électroniques comme les récepteurs de télévision.

13. Dans les appareils électroniques, il faut parfois amplifier énormément un faible signal d'entrée. Il importe donc d'éliminer les champs électriques non désirés qui risquent aussi d'être amplifiés et de provoquer des parasites. Pour ce faire, on *blinde* le fil central porteur du signal en l'entourant d'une armature en fils métalliques tressés qui est ensuite reliée à la terre. Le raccord de



microphone dont on a inclus un petit bout dans la trousse (schéma G) offre un exemple de ce blindage.

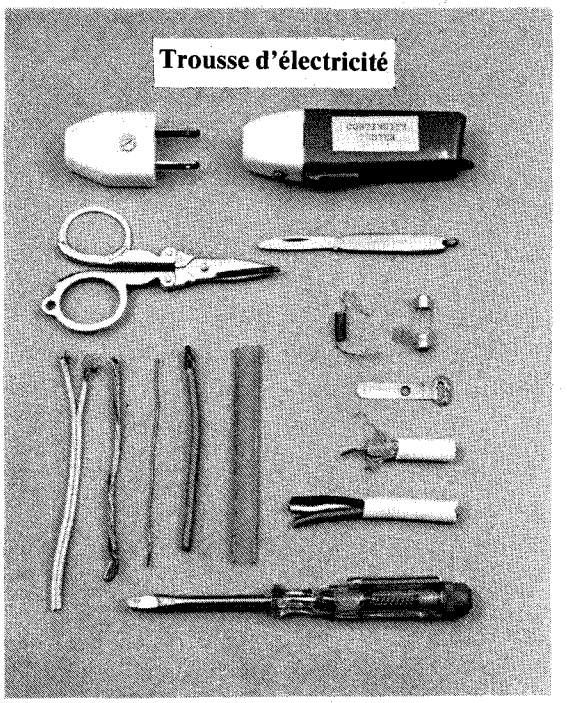
14. Pour relier une *antenne de télévision* au poste récepteur, on utilise couramment deux fils *jumeaux* montés en parallèle avec un écartement fixe. Ce dispositif empêche les déperditions d'intensité de réception et assure une transmission électrique maximale (voir l'échantillon fourni : schéma H).

15. Pour améliorer la réception des signaux de télévision en couleur, on se sert communément d'un *câble coaxial* spécial qui ressemble au raccord de microphone en plus épais. La gaine extérieure en fil de cuivre tressé sert de trajet électrique en même temps qu'elle protège le conducteur qui se trouve au centre sous une enveloppe de plastique très isolant. (Vous trouverez dans la trousse un bout de câble de 5 cm ; essayez de retourner la gaine en la coupant à une extrémité).

16. Pour fixer proprement et solidement les fils électriques ménagers aux murs, on se sert couramment d'attaches de laiton (voir l'échantillon et le schéma I). On cloue ces attaches au moyen d'une pointe enfoncée dans leur trou central, puis on les enroule autour du câble électrique.

17. L'épaisseur des fils est repérée par un indice conforme à la classification normalisée des diamètres de fil ou à son nouvel équivalent international. Vous remarquerez que pour fabriquer du câble plus flexible, on utilise souvent plusieurs fils ou brins minces au lieu d'un unique fils épais.

18. Les fils de petits diamètres permettent plus difficilement le passage du courant ; en d'autres termes, ils présentent une résistance plus forte. La résistance dépend aussi du type de conducteur utilisé et de sa longueur. Pour le vérifier, reliez les deux bornes de l'ohmmètre au moyen du fil de nickel-chrome. Vous remarquerez que la lueur émise par l'ampoule est plus faible que si vous reliez les bornes au moyen du fil téléphonique de cuivre de 20 cm dont le diamètre est pourtant plus petit. Cela veut dire que le nickel-chrome a une résistance plus forte. Modifiez la longueur du fil de nickel-chrome placée entre les bornes de l'ohmmètre. Plus le fil est court, plus la lueur émise est forte et par conséquent plus la résistance est faible.



IMPORTANT

Le tournevis compris dans la trousse comporte une ampoule au néon qui s'allume lorsque la lame est mise en contact avec la borne de phase du réseau principal en 110 ou 220 volts et qu'on touche l'autre extrémité du tournevis avec le doigt. Toutefois, les enfants ne doivent pas effectuer cet essai sans instructions préalables ni supervision.

Avertissement

Cette trousse vous a permis de vous familiariser avec les fils et les montages électriques ; toutefois, vous *ne devez pas* essayer de réparer ou de monter des prises sur des appareils destinés à être raccordés au réseau électrique principal de 220/110 volts sans l'aide d'un professeur ou d'une personne s'y connaissant bien en électricité.

Il semble possible de mettre en place les programmes d'enseignement technique élémentaire d'un coût modique, qui sont à l'évidence souhaitables, si l'on veut que les travaux pratiques scolaires servent à apprendre les sciences et pas seulement à en entendre parler. L'installation de laboratoires de technologie ne s'impose pas absolument si l'on utilise de simples trousses de matériel se rapportant à un thème donné comme il est dit ci-dessus ; à partir d'un certain stade, toutefois, un laboratoire et divers équipements spéciaux restent indispensables. L'élaboration de programmes d'études techniques entreprise au Royaume-Uni dans le cadre du Project Technology *supposait l'examen de tous ces points. Soucieux de faire étudier la technologie en tant que processus, les concepteurs de ces programmes ont été amenés à reconnaître qu'il fallait axer les travaux pratiques sur des projets précis et, de ce fait, définir diversement, en fonction des situations locales, les besoins en matériel.*

Les travaux pratiques et l'équipement des laboratoires technologiques

Geoffrey B. Harrison et P. W. Ghee

Introduction

Le type d'équipement dont disposent les laboratoires scientifiques ou technologiques influe généralement beaucoup sur la nature de l'enseignement dispensé. Quelle qu'ait pu être l'intention qui a présidé à la conception de cet équipement, les enseignants et étudiants finissent fréquemment par lui trouver des utilisations différentes pour la réalisation de nouveaux objectifs. Et, même s'il est employé conformément aux intentions premières, il peut arriver que l'utilisation routinière du même équipement durant de nombreuses années, du fait de l'inertie inhérente au système, perpétue la poursuite d'objectifs pédagogiques périmés, tout simplement parce que des impératifs économiques obligent à maintenir le matériel en service pendant longtemps.

Il est donc très important, lorsqu'on s'efforce de définir des normes pour l'équipement d'un laboratoire technologique, de préciser les objectifs fondamentaux auxquels doit répondre son utilisation et de s'y référer constamment, aussi bien au moment de l'installation du laboratoire que pendant toute la durée de son fonctionnement.

On s'attachera donc, dans la première partie de ce chapitre, à formuler une définition susceptible d'être de plus en plus largement admise de la nature, des buts et des objectifs de la technologie dans l'enseignement scientifique.

Évolution récente

A force de s'interroger sur les objectifs de l'enseignement scientifique, il était inévitable que les professeurs de sciences en viennent aussi à se demander quelle est la place de la technologie dans leur enseignement, à supposer qu'elle en ait une.

L'enseignement traditionnel de la physique, par exemple, avec ses calorimètres, ses galvanomètres à aimant mobile, ses appareils de Searle et ses diodes, porte essentiellement sur les principes jugés fondamentaux et vise à apprendre aux élèves à calculer les transferts d'énergie thermique, la force des champs magnétiques et la masse d'un électron. C'est peut-être parce que ces calculs théoriques n'ont pas de rapport direct avec la réalité et ne favorisent guère l'éveil de la curiosité scientifique que certains sujets parmi les plus brillants se détournent de la science.

Il a déjà été fait mention de l'effort déployé au cours des années 60 pour repenser l'enseignement des sciences. Contentons-nous d'indiquer qu'une des arrière-pensées qui sous-tendaient cet effort était le désir de former davantage de chercheurs mieux qualifiés et susceptibles d'accélérer le rythme du progrès technologique à l'échelon national.

C'est cette réflexion qui est à l'origine des travaux très fructueux réalisés aux États-Unis d'Amérique par les *Science Study Committees* et des initiatives prises au Royaume-Uni par l'*Association for Science Education* sous les auspices de la Fondation Nuffield. Ces programmes tendaient essentiellement à enseigner les principes fondamentaux de la science moderne au moyen d'une méthode heuristique fondée sur des recherches empiriques.

Dans les deux cas, un programme massif de formation et de recyclage des enseignants a été mis au point et un équipement approprié conçu.

Après bien des années, l'impact de la méthode Nuffield au Royaume-Uni reste aujourd'hui très faible par rapport à celui de l'enseignement traditionnel, si on le mesure par le nombre de candidats aux examens ; en revanche, beaucoup d'idées et d'expériences qu'elle a suscitées sont désormais reprises dans les programmes traditionnels.

D'autres initiatives parallèles visaient, au même moment, à définir la fonction de l'ingénierie et de la technologie dans les programmes scolaires. Divers programmes comme le *Engineering Concepts Curriculum Project* aux États-Unis, le *Project Technology* au Royaume-Uni, la technologie en France ou Tech-

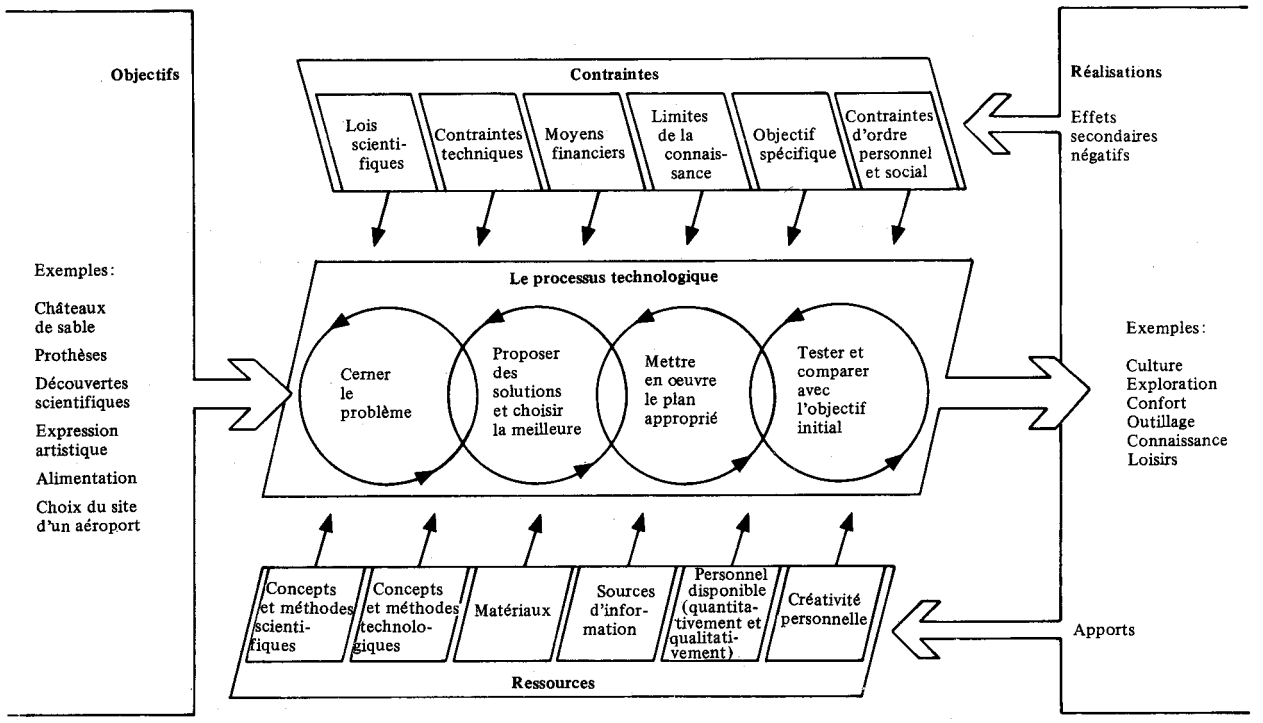


FIG. 1. Modèle de processus technologique (Source : *Project Technology*, 1970).

nik en République fédérale d'Allemagne attiraient l'attention sur le fait que la technologie est davantage liée au monde créé par les hommes qu'aux principes fondamentaux de la connaissance.

Dans plusieurs pays, les professeurs de sciences se sont sentis menacés par cette approche, qu'ils assimilaient à une mise en accusation ou à une exigence qu'ils estimaient excessive dans la mesure où on leur demandait : d'adapter leur enseignement aux réalités industrielles, alors qu'ils n'ont aucune connaissance de l'industrie ; d'enseigner les applications de leur discipline, alors qu'ils n'ont jamais eu l'occasion d'appliquer concrètement leurs connaissances, d'aborder avec leurs élèves les dilemmes moraux que soulèvent les rapports entre science et société, alors qu'ils n'ont jamais eu, quant à eux, à affronter objectivement ces problèmes.

L'évolution récente de l'enseignement de la technologie a mis en lumière plusieurs questions essentielles : Qu'est-ce que la technologie ? Qu'est-ce que les sciences appliquées ? Quel est le rapport entre la science et la technologie ?

Si l'on complète ces questions par d'autres, qui concernent plus précisément la science, par exemple :

Étant donné que le volume des connaissances scientifiques double tous les dix ans, l'enseignement des sciences peut-il jamais être à jour ?

L'acquisition des mécanismes de la recherche scientifique constitue-t-elle un des objectifs de l'enseignement scientifique ?

Peut-on faire en sorte que la science s'ouvre directement sur la vie de l'élève moyen ?

Est-il possible de définir un ensemble de connaissances scientifiques fondamentales pour l'enseignement scolaire ?

on aboutit à des conclusions déconcertantes du type :

Le monde créé par l'homme repose sur la technologie et l'histoire nous enseigne que, si la science est un facteur important d'innovation technologique, elle ne joue pas à cet égard un rôle fondamental. D'une façon générale, c'est la technologie qui précède la science : l'arc et la flèche ont été inventés avant qu'on énonce la théorie de l'élasticité des matériaux.

De même que les concepts scientifiques sont des outils qui aident l'esprit humain à comprendre la nature des phénomènes physiques et biologiques, les concepts technologiques doivent être considérés comme des outils permettant à l'esprit humain d'élaborer des solutions pratiques à des problèmes concrets.

Cette problématique a permis de faire accepter un certain nombre de définitions et de modèles de la technologie et des sciences appliquées, ainsi que des buts,

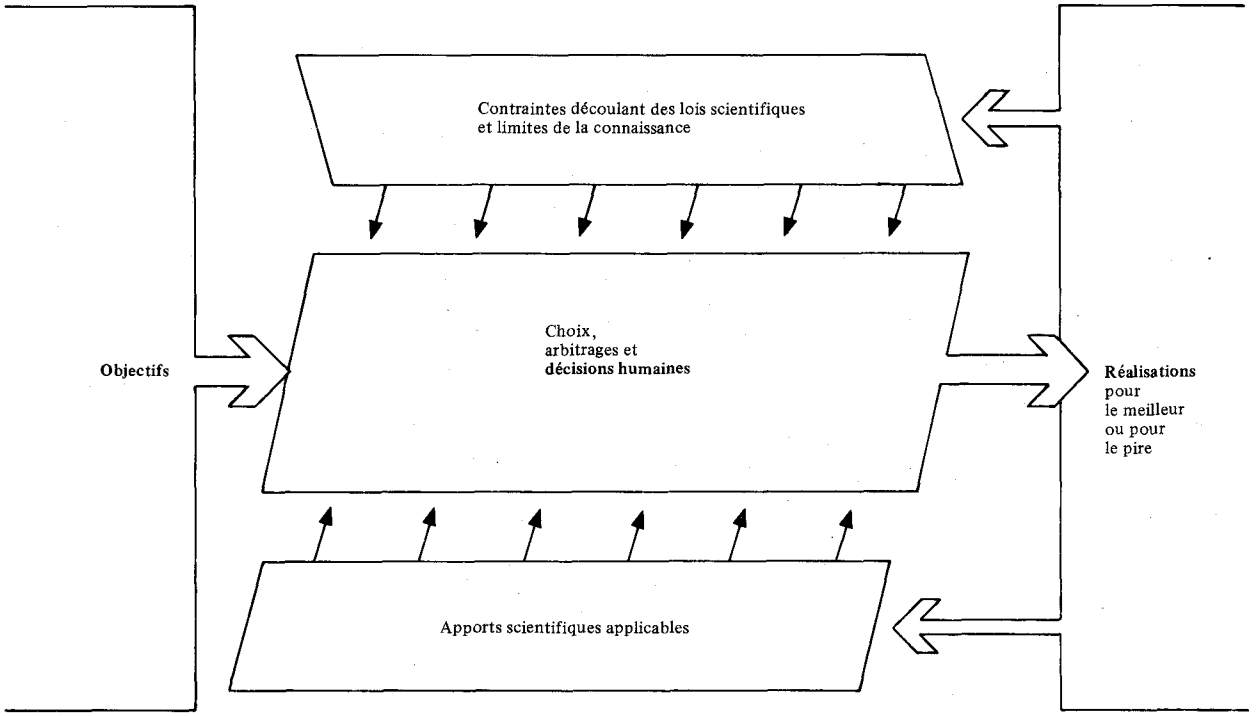


FIG. 2. Prise de décisions.

objectifs et méthodes pédagogiques qui leur sont associés.

Définition et modèles pratiques de la technologie

La technologie est un processus discipliné d'utilisation de moyens scientifiques et de ressources humaines pour la réalisation d'objectifs assignés à l'activité humaine.

C'est dans le cadre de ce processus technologique que les connaissances scientifiques applicables peuvent, au même titre que bien d'autres ressources, exercer une influence positive ou néfaste sur les destins des hommes (voir fig. 1).

Pour qu'un individu puisse prendre ce type de *décisions* en s'appuyant sur ses connaissances et son expérience scientifiques, il faut que la nature de ces connaissances et la manière dont il les maîtrise et les utilise soient adaptées au processus de conception et de prise de décision technologiques et pas uniquement au processus de la recherche et de la curiosité scientifiques (voir fig. 2).

Buts et objectifs pédagogiques de la technologie

On peut distinguer, en liaison avec la définition et le modèle technologiques proposés ci-dessus, trois grands objectifs pédagogiques qui sont à la base de plusieurs innovations récentes des programmes d'études au Royaume-Uni.

1. Aider tous les enfants à prendre conscience des forces technologiques qui s'exercent sur eux et sur la société et qui sont à leur disposition, ainsi que de leur aptitude à contrôler et orienter ces forces et de leurs responsabilités à cet égard.
2. Permettre aux enfants de s'engager personnellement dans le processus d'élaboration technologique pour développer leur aptitude à prendre des décisions technologiques concrètes.
3. Aider les enfants à exploiter au maximum les connaissances et les aptitudes intellectuelles et manuelles auxquelles ils peuvent faire appel pour prendre des décisions technologiques.

Ces objectifs énoncés d'une façon très générale ne prennent toute leur signification que traduits en termes pratiques et objectifs ; mais tous trois ont pour caractéristique fondamentale d'être liés à un acte concret : modification de l'environnement, création de quelque chose de nouveau, mise en application d'un nouveau processus, amélioration de la performance d'un dispositif, etc., et non à une activité qui serait purement conceptuelle. Il ne suffit pas d'être capable d'expliquer les rapports entre science et société ou même les lois de la gravitation universelle

		Concepts technologiques						
		Rendement	Rigidité	Amplification	Commande	Communication	Correspondance	Etc.
Matières scientifiques	Thermodynamique							
	Mécanique							
	Physique							
	Acoustique							
	Optique							
	Etc.							

FIG. 3. Matrice de relations entre les diverses matières de l'enseignement des sciences et les concepts technologiques.

formulées par Newton. Au contraire, il faudrait aborder l'étude de ces lois à un niveau où des décisions du domaine de la conception technologique en dépendent absolument. Qui plus est, c'est le résultat concret de ces décisions, en termes de fonctionnement ou de non-fonctionnement du dispositif en question, qui devra servir de critère pour évaluer le niveau théorique de l'élève.

Comment justifier la relation faite entre la technologie et l'enseignement des sciences

Les emplois du temps étant surchargés, il n'est évidemment pas possible d'étudier les applications de l'*ensemble* des connaissances scientifiques inscrites au programme. Il est donc nécessaire d'établir une distinction entre les objectifs cognitifs et psychomoteurs.

D'un côté, l'ensemble des connaissances et concepts scientifiques qu'il est jugé souhaitable d'inculquer aux élèves, de l'autre, la capacité de faire appel à ces connaissances, de choisir celles qui pourraient être utiles dans un contexte donné et de les utiliser dans le processus de décision. Le premier objectif pédagogique est donc l'acquisition d'un vaste éventail de connaissances et de concepts ; le deuxième, le développement d'une aptitude générale à l'application qui, sans être nécessairement liée à un domaine particulier de la connaissance, ne peut être exploitée à bon escient que dans la perspective d'un savoir théorique spécifique.

Autrement dit, pour développer l'aptitude des élèves à appliquer les connaissances scientifiques qui leur sont présentées, il faut leur proposer des clés qui leur permettront d'interpréter n'importe quel aspect de ces connaissances de manière à éclairer leurs décisions de principe.

On appelle « concepts technologiques » les instruments qui permettent cette interprétation de la connaissance scientifique. Les notions de rendement, de rigidité, de commande, de communication et d'amplification sont autant d'exemples de ces concepts qui, presque toujours, ont une dimension pluridisciplinaire. Par exemple, le concept beaucoup plus technologique que scientifique de « rendement » peut s'appliquer à de nombreuses disciplines scientifiques telles que la mécanique, la thermodynamique, l'électricité, l'acoustique, etc. Lorsqu'on étudie son application dans une de ces disciplines, il convient d'enseigner simultanément son application à toutes les autres.

On est ainsi amené à illustrer les relations entre les diverses matières de l'enseignement des sciences et les concepts technologiques en construisant une matrice simple (voir fig. 3).

On peut aussi regrouper ces divers concepts technologiques sous des rubriques telles que « matériaux », « commande » et « énergie », dont le degré de pertinence varie selon les matières traitées.

Progrès en fonction de l'âge et des capacités

Il est faux d'affirmer qu'il est impossible de prendre des décisions de principe tant qu'on ne possède pas toutes les connaissances qui s'y rapportent, même si un tel sophisme a été longtemps considéré comme allant de soi. Ce type de raisonnement pêche en ce qu'il présuppose un niveau cognitif unique : autrement dit, on sait ou on ne sait pas. Or ce n'est pas ainsi que fonctionne le cerveau des adultes et ce n'est sûrement pas de cette façon non plus que les enfants acquièrent des connaissances scientifiques.

Prenons par exemple le concept de transformation de l'énergie d'un système d'accumulateurs en énergie motrice d'un véhicule. Dès 8 ou 9 ans, l'enfant peut se livrer à des expériences à l'aide d'élastiques et de ficelles pour déplacer des véhicules sur le plancher : il peut provoquer un événement sans être en mesure d'énoncer les principes de la conservation de l'énergie. Plus tard, vers 11 ou 12 ans, il pourra perfectionner son système, par l'observation et l'expérience, pour permettre à ses véhicules d'aller plus loin ou plus vite sans pour autant connaître la théorie du frottement ou du rendement. L'adolescent de 14 à 18 ans peut déjà aborder le problème d'une façon plus analytique et mieux nuancer ses décisions : il est capable de calcu-

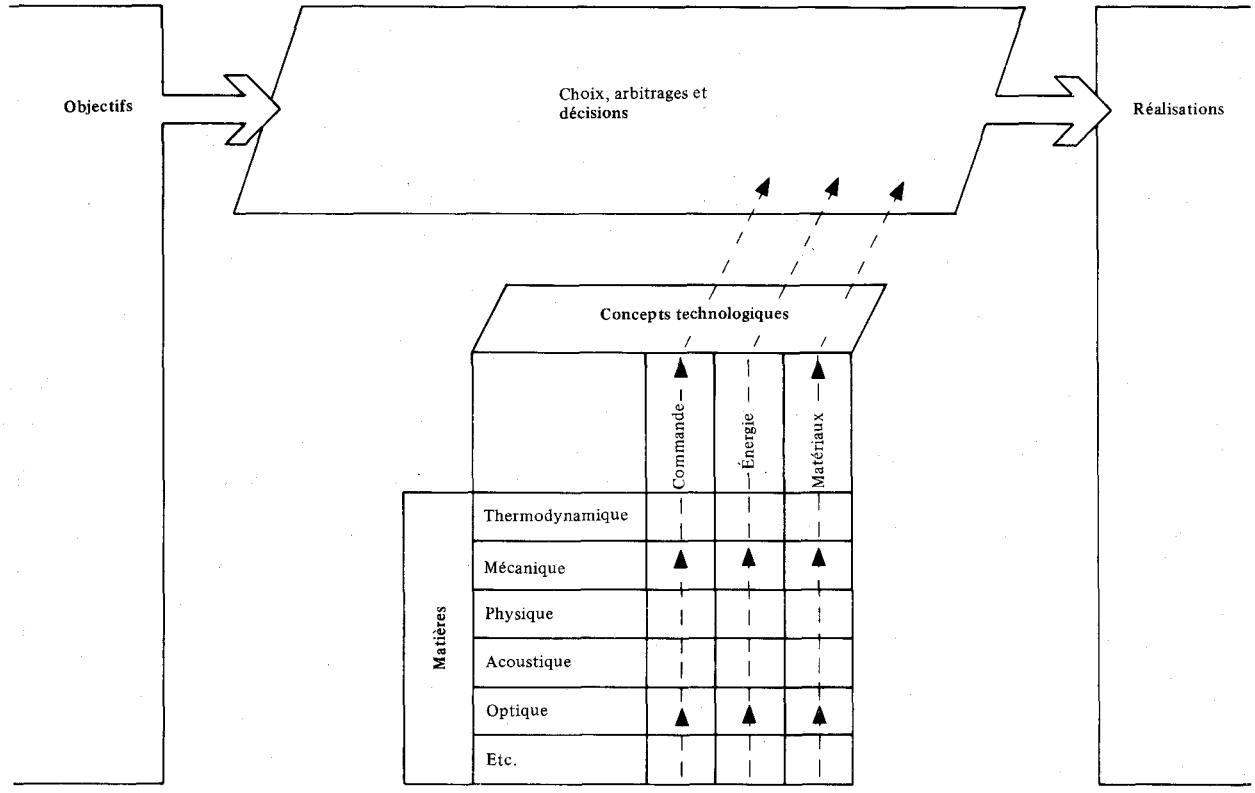


FIG. 4. Applications du savoir scientifique par rapport aux concepts technologiques.

ler les forces de frottement maximales, le rendement de différents systèmes de correspondance énergétique, les accélérations et les pertes d'énergie possibles. A 16 ou 17 ans, il devrait déjà avoir eu l'occasion de prendre des décisions concernant des réalisations concrètes répondant à un besoin de la collectivité, de l'école ou d'une entreprise locale, ou à un besoin personnel. Avec l'âge et l'expérience, il y a eu approfondissement progressif des concepts en cause parallèlement à l'expérimentation de leurs possibilités d'application pratique.

La science et le modèle technologique

Cela permet de préciser le rôle de la science dans le modèle technologique évoqué plus haut.

Les applications du savoir scientifique sont rendues possibles grâce aux concepts technologiques dont le champ d'application recouvre, normalement, l'ensemble des disciplines scientifiques (voir fig. 4).

Tant que les possibilités d'application des disciplines scientifiques ne sont pas assurées par leur interprétation technologique, elles n'ont de portée que comme outil de la *pensée* et non de l'*action*.

Structure de l'enseignement de la technologie

C'est à partir de cette conception de la technologie, des buts pédagogiques qui lui sont liés et des rapports conceptuels avec la science qu'ont été élaborés les programmes d'enseignement de la technologie du Royaume-Uni. A quelques variantes près, l'approche de base est toujours la même : initiation exploratoire à la technologie dans les premières années aboutissant dans la tranche d'âge des 14 à 16 ans à un programme structuré et, en fin de scolarité, à un travail sur un projet technologique ouvert.

Toute cette séquence correspond à une progression contrôlée en fonction de la compétence et des connaissances croissantes de l'élève ; elle suppose une utilisation diversifiée et souple de l'espace et de l'équipement des laboratoires et des ateliers. Et, logiquement, du fait de la nature essentiellement ouverte d'une bonne part de ce travail, on ne saurait définir avec précision les matériaux et l'équipement nécessaires.

Cela dit, la façon d'aborder le travail sur un projet technologique n'est pas pour autant aussi empirique qu'il y paraît.

Sauf dans les cas relativement rares de sujets pré-

sentant des dispositions exceptionnelles, il est indispensable que les premières expériences relatives à ce genre de travail reposent sur des situations d'apprentissage structurées impliquant un développement des connaissances et de l'expression en même temps que des processus mentaux d'ordre technologique. Par contre, on ne saurait se contenter de transmettre globalement les connaissances dans le cadre magistral ou professoral traditionnel ou d'entreprendre des activités pratiques obligeant l'étudiant à utiliser des techniques imposées dans un but fixé à l'avance.

Les travaux pratiques du type activités de découverte associés à l'enseignement des sciences dans de nombreuses méthodes modernes en vue d'éveiller la curiosité scientifique des élèves ne présentent souvent guère plus d'intérêt pour le développement de leurs aptitudes technologiques.

En revanche, et à la condition d'être soigneusement planifié, l'enseignement de type professoral ou magistral a sa place dans l'apprentissage de la technologie, s'il a expressément pour but d'inculquer aux étudiants des connaissances dont ils devront par la suite étudier les possibilités d'application à un problème technologique quelconque (quitte à les écarter si cela est justifié). Toutefois, les enseignants ne doivent pas tomber dans le piège qui consisterait à agrémenter les théories scientifiques d'exemples superficiels de leurs applications *déjà réalisées*. C'est aux étudiants eux-mêmes qu'il incombera d'apprécier l'intérêt de telle ou telle connaissance dans une situation technologique donnée et il conviendra d'en illustrer les possibilités d'application et de mettre en évidence les limites inhérentes à diverses techniques en recourant à des démonstrations concrètes.

Il serait exagérément optimiste d'attendre d'un élève auquel on a expliqué les notions de rapport de transmission, de bras de levier et de rendement d'un système d'embrayage qu'il soit capable de concevoir et de fabriquer une boîte de vitesses pour adapter un moteur à une machine, à moins qu'il n'ait eu en même temps la possibilité de se faire une idée des problèmes concrets liés au moment, à l'inertie, à la force mécanique des éléments, au système de graissage des paliers, etc. Par exemple, le système d'embrayage en bois, qui peut fonctionner pendant des centaines d'heures lorsqu'il est lubrifié avec un mélange de graisse et d'eau et entraîné lentement par une roue à eau, risque de ne résister que quelques instants s'il est mû par un moteur à explosion à puissance égale, mais ayant une vitesse de rotation très élevée.

Pour être efficace, l'enseignement technologique doit procéder d'un dosage judicieux entre l'acquisition des connaissances transmises directement par l'enseignant, l'apprentissage du fonctionnement des appareils dans le cadre d'activités pratiques formellement structurées, et l'application du savoir accumulé dans le cadre de la réalisation de projets qui, progressivement, deviennent de moins en moins dirigés.

On trouvera ci-après l'analyse détaillée d'un exemple concret de cours structuré conçu pour inculquer aux élèves les concepts technologiques de base et développer leurs capacités dans ce domaine. Intitulé *Control Technology,* ce cours d'une efficacité éprouvée est destiné à développer les connaissances et capacités technologiques d'élèves de 14 à 16 ans qui consacrent à cette activité un dixième environ de leur horaire scolaire.

Il comporte quatre types d'activités distinctes dont chacune sera illustrée par la suite :

Type 1. Acquisition directe de connaissances transmises par l'enseignant (enseignement traditionnel en salle de classe).

Type 2. Travaux pratiques définis par l'enseignant afin d'accroître les connaissances théoriques et pratiques des élèves.

Type 3. Travaux pratiques définis par l'enseignant avec un objectif central et un objectif accessoire qui en est indissociable : *a)* permettre aux élèves d'appliquer leurs connaissances à la solution d'un problème fondamental (objectif central) ; *b)* accroître les connaissances théoriques et pratiques des élèves (objectif accessoire indissociable du type de problème posé).

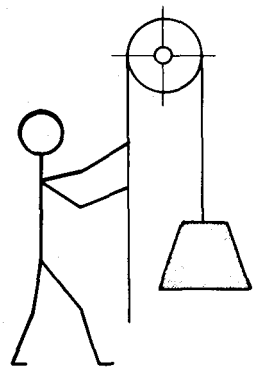
Type 4. Travail sur un projet laissant plus ou moins d'initiative à l'étudiant à mesure que le cours progresse et en fonction du jugement porté par l'enseignant sur ses capacités.

Sous sa forme la plus répandue, ce cours d'apprentissage de la technologie permet aux élèves d'acquérir des notions de base dans les huit matières ci-après (cette liste peut toutefois être modifiée pour répondre aux besoins de groupes d'étudiants spécifiques et en fonction des conditions techniques et industrielles locales) : *a)* constructions mécaniques ; *b)* engrenages, embrayages et mouvements rotatifs ; *c)* mouvements linéaires ; *d)* pneumatique ; *e)* notions fondamentales d'électricité ; *f)* circuits électriques ; *g)* commande électronique ; *h)* circuits logiques.

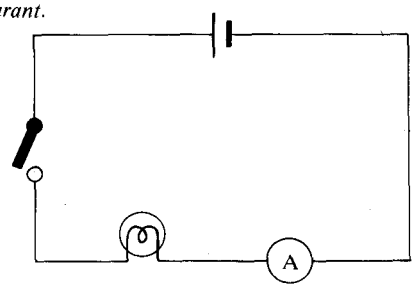
Tous les types d'activités pédagogiques mentionnés plus haut s'appliquent à tous ces domaines. La section consacrée aux notions fondamentales d'électricité, par exemple, ne comporte que des activités de type 1 et 2, à savoir la transmission directe de connaissances par l'enseignant et les travaux pratiques ayant

expressément pour but d'inculquer des connaissances dans un domaine important. A titre d'illustration, voici un des éléments de l'exercice pratique n° 2 de cette section.

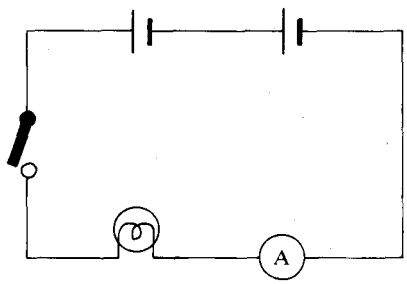
1. *a)* Des piles fournissent une énergie qui « impulse » un courant électrique le long d'un circuit. Si l'on double la quantité d'énergie, le courant devrait être deux fois plus intense. C'est du moins ce à quoi on peut s'attendre étant donné que, si l'on tire deux fois plus fort sur une corde, on doit pouvoir soulever une charge deux fois plus lourde.



Reliez un seul élément de pile et une ampoule électrique, conformément au schéma ci-dessous, et *mesurez le courant.*



b) Placez deux éléments de pile *en série* et *mesurez le courant.*



Que peut-on dire de l'énergie fournie quand deux éléments de pile sont montés en série ?

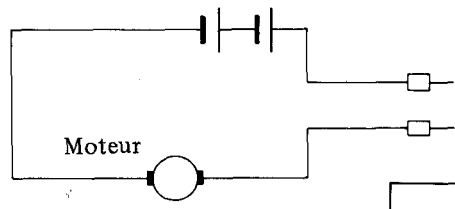
La suite de cet exercice a pour but de familiariser les élèves avec l'emploi des voltmètres et ampèremètres.

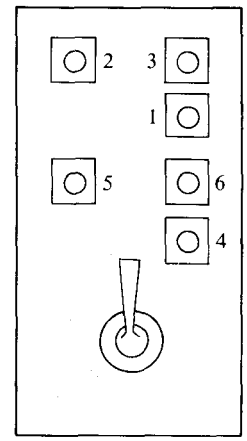
Cet exercice pratique est une activité de type 2 visant à inculquer à l'élève des notions applicables sur les liens qui existent dans un circuit entre l'intensité du courant et la différence de potentiel et à le familiariser avec les symboles et diagrammes conventionnels utilisés en électricité.

Afin de renforcer ces connaissances, des travaux pratiques « de suivi » amènent les étudiants à réfléchir, seuls ou en groupe, sur un certain nombre d'implications des résultats obtenus avec les montages en série et en parallèle, sur leur application à des cas concrets comme le circuit électrique d'une voiture ou d'une motocyclette.

Cette activité est complétée ultérieurement par une activité de type 3 : comme par exemple l'exercice pratique n° 2 sur les circuits électriques, où le problème de base consiste à réaliser un branchement électrique avec commutateur permettant d'entraîner un moteur électrique dans les deux sens.

1. Branchez le circuit conformément au schéma ci-dessous et manipulez les fiches pour comprendre le fonctionnement du boîtier de commande.





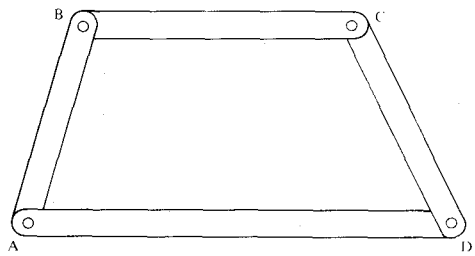
a) Où doit-on insérer les deux fiches pour mettre le moteur *en marche* lorsque l'interrupteur est en position *haute ?*

b) Où doit-on insérer les deux fiches pour mettre le moteur *en marche* quand l'interrupteur est en position *basse ?*

2. Cherchez le moyen de connecter le boîtier de commande de façon que les deux fiches du circuit moteur soient branchées et que le moteur soit complètement coupé de la source d'énergie en position *arrêt.* (Attention, un branchement incorrect risque de faire sauter les plombs.) *Faire un diagramme du circuit.*
3. Qu'arrive-t-il si l'on intervertit les branchements d'alimentation ?
4. Branchez les prises du moteur dans les prises femelles jaunes. Connectez les quatre autres prises femelles du boîtier pour que le moteur tourne dans un sens (marche avant) lorsque le commutateur est en position *haute* et dans l'autre sens (marche arrière) lorsqu'il est en position *basse. Dessiner les schéma du branchement.*
5. A l'aide de deux boîtiers de commande, *imaginez (sur le papier) un circuit* permettant de faire démarrer le moteur et de l'arrêter, de le faire fonctionner en marche avant et en marche arrière.

L'étude des constructions mécaniques s'effectue selon le même processus graduel, l'élève découvrant d'abord par des expériences directes les concepts technologiques de rigidité, de charge, de poussée, de traction et de déformation qu'il apprendra ensuite à appliquer à la création d'un dispositif concret. L'exercice pratique n° 1 de cette section se présente comme suit :

1. A l'aide de boulons et d'écrous, assemblez quatre barres de meccano de façon à former un quadrilatère (voir figure).



2. Essayez de rapprocher A et C.
   Essayez d'écarter A et C.
   Faites de même pour B et D.
   Dans votre cahier de travaux pratiques, dessinez un diagramme linéaire de votre dispositif en indiquant par des flèches l'orientation et le point d'application des forces. Montrez en pointillés l'effet de ces forces sur la forme de la structure.
3. Cette structure est-elle rigide ? (autrement dit, conserve-t-elle sa forme sous l'action de forces appliquées en deux points quelconques ?)
4. Si la structure n'est pas rigide, comment faire pour la maintenir sous la forme souhaitée ?
   Dans votre cahier, illustrez à l'aide de croquis toutes les solutions qui vous semblent possibles.
5. Quand vous serez à court d'idées, analysez vos croquis et choisissez la solution qui vous semblera la plus satisfaisante.
   Indiquez la solution que vous avez choisie en expliquant les raisons de votre choix.
6. Appliquez cette solution à votre modèle, vérifiez de nouveau sa rigidité et *indiquez dans vos cahiers l'efficacité de vos modifications.*

Les élèves sont ensuite amenés à étudier des modèles à trois dimensions et l'enseignant s'efforce, chiffres à l'appui, de leur donner dans ses cours une notion claire des idées de force, de tension, etc. Le travail de l'enseignant est illustré de photos ou de visites à des réalisations locales permettant aux élèves d'analyser le type de forces en jeu. Des expériences effectuées à l'aide d'un tensiomètre permettent également d'illustrer diverses situations découlant de l'application de forces de traction ou de poussée.

La photo-élasticimétrie met en évidence les conséquences d'une mauvaise répartition des forces résultant d'un vice de conception.

L'étude de la mécanique débouche sur la réalisation individuelle d'un modèle réduit à sujet imposé (activité de type 3).

1. Concevoir et construire une maquette de pont routier à l'aide de barres et d'équerres de meccano de toutes dimensions. La longueur totale du pont doit être au moins le double de celle de la pièce de meccano la plus longue. Les pièces de meccano doivent être liées à leurs extrémités. Si on le suspend par ses deux extrémités, le pont doit pouvoir supporter une charge représentant 50 fois son propre poids, placée en n'importe quel point de son tablier. Il appartiendra à votre professeur de déterminer la longueur minimale de la maquette, compte tenu des matériaux disponibles.
   Recopiez dans votre cahier ce texte, qui constitue l'énoncé du projet.
2. *Dessinez dans votre cahier, sous forme de figures libres, les divers schémas correspondant à des solutions possibles et après les avoir bien étudiés, choisissez la conception qui vous semble la mieux adaptée, en expliquant les raisons de votre choix.*
3. *Faites un dessin agrandi et plus précis de la maquette que vous avez retenue en indiquant avec des flèches le point de charge et les points d'appui.* Analysez les forces qui s'exercent sur chaque élément de la structure *en les marquant d'un P ou d'un T selon qu'il s'agit d'une poussée ou d'une traction,* ce qui vous aidera dans le choix des matériaux lors de la construction.
   Note. Si vous ne parvenez pas à décider si un élément quelconque subit une traction ou une poussée, n'indiquez rien sur votre schéma, mais considérez lors de la construction que cet élément subit une poussée.
4. *Construisez votre pont.* Si vous constatez qu'il est nécessaire de modifier votre conception initiale en cours de construction, *notez ces modifications dans votre cahier et indiquez-en les raisons.*
5. Placez votre maquette sur les points d'appui prévus et vérifiez sa solidité en lui faisant progressivement supporter une charge totale représentant au moins 50 fois son poids. Dès que vous constatez une distorsion, interrompez l'opération et *notez la charge maximale appliquée.*
6. Votre pont a-t-il passé l'épreuve de façon satisfaisante ? Sinon, *efforcez-vous d'expliquer ses défauts et suggérez les modifications qui s'imposent.*

A mesure qu'on avance dans le cours, les problèmes technologiques posés dans le cadre des activités de type 3 deviennent de plus en plus difficiles et leur solution tend de plus en plus souvent à faire intervenir différentes disciplines. Les problèmes sont conçus de manière à obliger les élèves à faire constamment appel aux connaissances acquises à l'occasion des exercices précédents. Ainsi, l'exercice n° 1 sur les circuits électriques fait intervenir les connaissances acquises en mécanique et en électricité (conception, construction et essai d'un véhicule).

Dessinez dans votre cahier une maquette de véhicule à propulsion électrique pouvant atteindre la vitesse 1,1 mètre à la minute. Inutile de prévoir un mécanisme de direction. Toutes les roues ont 35 mm de diamètre et l'arbre d'entraînement du moteur tourne à 200 tours/minute lorsqu'il est alimenté par un courant électrique de 12 volts.

1. Dans la pratique, il est peu probable que votre moteur vous donne une vitesse de rotation de l'arbre d'entraînement correspondant exactement à 200 tours/minute. Avant d'entreprendre la construction de votre véhicule, il vous faut calculer la vitesse effective du moteur. *Imaginez un moyen de calculer cette vitesse et décrivez-le dans votre cahier* (n'oubliez pas que le voltage des piles modifie la vitesse de rotation du moteur). *Testez votre solution.*
2. Peut-être serez-vous obligé de modifier votre conception initiale en fonction des pièces disponibles (roues, engrenages, etc.). Rassemblez toutes les pièces dont vous avez besoin.
   Maintenant que vous connaissez la vitesse du moteur et les caractéristiques exactes des roues, engrenages, etc., *calculez la vitesse de votre véhicule* (celle-ci devant toujours être de l'ordre de 1,1 m/mn).
3. *Construisez votre maquette.*
4. *Testez votre véhicule et imaginez un moyen de mesurer sa vitesse.* Vos résultats expérimentaux correspondent-ils aux résultats des calculs effectués conformément aux indications du point 2 ci-dessus ?
   S'ils sont différents, pouvez-vous expliquer pourquoi ?

Le point d'aboutissement du cours est la réalisation d'un projet personnel (activité de type 4), qui vise habituellement à résoudre un problème concret choisi par l'élève. Ce projet occupe en général 16 à 20 % de la durée totale du cours. Le niveau des différentes réalisations est bien entendu très divers suivant les aptitudes et les intérêts des élèves : depuis un système d'antivol rudimentaire jusqu'à une perceuse à commande numérique pour fabriquer des maquettes d'arbres-vilebrequins. Plus communément, les objets produits sont des machines à emballer, des appareils de manutention ou des trieuses automatiques ou semi-automatiques, des prothèses simples pour handicapés, des jeux électriques ou électroniques ou du matériel éducatif pour déficients mentaux.

Le fait que ce cours ait été choisi pour fournir un exemple d'enseignement technologique menant à des réalisations concrètes ne signifie pas qu'une importance particulière soit attachée aux matières enseignées, dont quelques-unes peuvent fort bien être complètement inadaptées aux conditions rencontrées dans certains endroits du Royaume-Uni et, à plus forte raison, dans d'autres pays.

Ce qui compte, c'est moins le choix des disciplines enseignées, qui est forcément singulier et limité, que la *manière* dont les connaissances sont acquises et l'obligation pour les étudiants de les appliquer.

Selon les établissements, l'enseignement dispensé au Royaume-Uni porte sur les matières suivantes : mécanique, électronique, aéronautique, technologie alimentaire, métallurgie, matières plastiques, pneumatiques, constructions mécaniques, bois, micro-électronique, microprocesseurs, circuits à système de commande logique et numérique, mécanique des fluides, acoustique, outillage, etc.

Le panachage des éléments tirés de cette liste peut varier d'un établissement à l'autre. Aucun groupe d'élèves ne se spécialise dans une seule matière. Normalement, le cours aborde de trois à huit matières, afin d'offrir aux élèves un éventail de connaissances suffisamment large pour répondre aux impératifs de tout projet qu'ils pourront choisir.

Équipement pour l'enseignement de la technologie

Il ressort des considérations qui précèdent qu'il n'est ni possible ni souhaitable de fixer des normes générales pour l'équipement nécessaire à l'enseignement scolaire de la technologie au niveau local ou, à plus forte raison, mondial.

Chaque enseignant ou un petit groupe d'enseignants d'une localité devrait commencer par définir les buts et objectifs généraux d'un enseignement répondant aux besoins et aux aspirations spécifiques de leurs élèves et de la collectivité dans laquelle ils vivent, puis choisir l'éventail de disciplines propres à les atteindre et, enfin, commencer à établir la liste de l'équipement et des installations nécessaires.

Les équipements disponibles varient d'un pays à l'autre et, s'il est vrai qu'il est toujours possible d'en importer, cette solution est à éviter parce qu'il ne serait pas réaliste de lier la formation technologique des élèves à un équipement ou un matériel qu'ils ne pourront normalement pas se procurer en dehors de l'école. Mais on aurait également tort d'utiliser, sous prétexte d'économies, de l'équipement ou du matériel qui ne seraient pas représentatifs du type d'installation auquel les élèves seront confrontés dans la réalité. Ainsi, il est parfaitement possible d'inculquer des notions sur la vitesse de transmission et le bras de levier au moyen de boîtes de conserve de deux formats différents, soudées à des axes et entraînées par des courroies en élastique. Les élèves peuvent même aller plus loin et appliquer les notions ainsi acquises pour construire des maquettes simples. Ce type de matériel peut donc présenter un certain intérêt dans les premières étapes de l'enseignement scolaire de la technologie, mais il ne faudrait pas croire qu'il suffit à éclairer les élèves sur toutes les implications de la technologie en cause et à leur permettre de s'atteler à des problèmes sérieux.

Équipement pour l'enseignement de notions fondamentales de mécanique

Quels que soient les besoins locaux, il n'existe pratiquement pas de réalisation technologique qui ne fasse appel à la mécanique ; il est donc vraisemblable que la plupart des programmes d'enseignement de la technologie aborderont cette matière.

Les paragraphes qui suivent décrivent les différents types d'équipement employés au Royaume-Uni pour cet enseignement. Cela aidera peut-être les enseignants placés dans d'autres contextes à déterminer le meilleur usage possible des moyens dont ils disposent.

Les éléments destinés à l'enseignement des constructions mécaniques doivent être fabriqués dans un matériau robuste à faible coefficient de dilatation et de contraction comme l'acier doux, le contre-plaqué, le Perspex, le verre ou le plastique renforcé. Ces éléments doivent pouvoir être assemblés rapidement par un double système de chevilles et d'emboîtement rigide. Il est souhaitable de disposer de plusieurs types d'éléments de construction pour obliger les élèves à déterminer quels sont les mieux adaptés au type de force qui s'exerce sur chaque élément en particulier.

Plusieurs systèmes d'éléments sont utilisés au Royaume-Uni :

- *Meccano.* Barres et équerres plates d'acier doux assemblées au moyen de boulons et d'écrous avec ou sans équerres de fixation.
- *Fisher Technik.* Les pièces utilisées sont des barres ou équerres plates en matière plastique assez souple maintenues à l'aide de griffes de serrage spéciales en plastique du type « bayonnette ».
- *Techno Kit.* Pièces en bois dur assez épais assemblées par un système de goujons en bois et d'élastiques. Ce système n'est pas encore tout à fait au point ; il ne permet à l'heure actuelle que des assemblages par chevilles et ne comporte pour le moment qu'un seul type de pièces. Mais il est facile d'obvier à ces inconvénients et le bois constitue un matériau virtuellement universel.

Pour l'étude des mécanismes, il faut que les élèves puissent monter rapidement des maquettes afin de vérifier le bien-fondé de leurs hypothèses et qu'ils disposent de nombreux types d'engrenages et de poulies pour se familiariser avec eux et apprendre à les utiliser. Un bon assortiment devrait comporter six engrenages droits d'au moins trois tailles différentes, des engrenages coniques d'au moins deux tailles différentes, des systèmes de transmission par vis sans fin, des poulies d'au moins trois tailles différentes, des chaînes sans fin d'au moins trois tailles différentes, des systèmes d'entraînement linéaires à crémaillère, des cames, des vilebrequins, des jeux de vis et d'écrous.

Les trois systèmes de mécanismes utilisés couramment au Royaume-Uni sont les suivants :

- *Meccano.* Système compatible avec les pièces de meccano.
- *Fisher Technik.* Système compatible avec les éléments de construction Fisher Technik.
- *Système scolaire artisanal.* Engrenages en Perspex et barres de soudure épaisses.

Sauf pour ces deux matières fondamentales, les besoins spécifiques peuvent varier considérablement d'un établissement scolaire à l'autre. Toutefois, l'équipement peut être classé, de manière un peu schématique, en quatre catégories :

- Matériel utilisé uniquement pour des activités de démonstration ou de recherche (bancs d'essai pour moteurs, dynamomètres, etc.).
- Matériel pouvant être utilisé à ces fins, mais également dans le cadre de réalisations à des fins d'appareillage, de calibrage ou de détection de défauts (oscillographes, instruments de mesure pour essais, outillage manuel et mécanique, etc.).
- Matériel pouvant être utilisé à ces fins, mais également en tant que partie intégrante ou élément d'une réalisation (galvanomètres, tensiomètres, valves pneumatiques, etc.).
- Matériel utilisé uniquement en tant que partie intégrante de réalisations (bois, acier doux, écrous et boulons, etc.).

Pour des raisons d'économie, il est bien évident qu'on devrait s'efforcer de sélectionner de préférence les équipements susceptibles d'entrer dans un aussi grand nombre que possible de ces catégories, à condition qu'ils puissent dans chaque cas remplir leur fonction de manière satisfaisante. Le tableau ci-après dresse une liste d'équipements scientifiques et technologiques qui est loin d'être exhaustive, avec indication des fins pour lesquelles ils peuvent être utilisés et de la probabilité qu'ils le soient effectivement, selon le barème suivant :

- L'équipement noté 3 est certainement utilisable pour le type d'activité considéré.
- L'équipement noté 2 peut être utilisé pour ce type d'activité avec un peu d'imagination.
- Il n'est pas impossible que l'équipement noté 1 puisse être utilisé pour ce type d'activité, mais cela n'est pas évident.
- L'équipement noté 0 est virtuellement dénué d'intérêt pour ce type d'activité.

Tableau 1. Liste d'équipements scientifiques et technologiques et leurs possibilités d'utilisation

Équipement	Possibilités d'utilisation			Sources d'approvisionnement possibles (voir texte)
	Illustration de concepts technologiques	Appareillage, calibrage, détection de défauts, réalisations	Élément constitutif de réalisations	
Oscillographes cathodiques	3	3	2	G/B
Instruments de mesure pour essais	3	3	2	G/B
Galvanomètres	3	3	3	G/B
Balances	3	3	0	G/B
Baromètres	3	1	0	G
Manomètres	3	3	3	B/G
Instruments de mesure de la conductivité	3	3	0	G
*p*H-mètres	3	3	0	G
Horloges/ chronomètres	3	3	1	G/B/D/A
Mesureurs/ compteurs	3	3	0	G/B/D
Microscopes	3	2	0	G/B
Sources d'énergie	2	3	3	B/G
Lasers	3	3	3	G
Modèles éclatés	3	0	0	G
Appareils de photo-élasticimétrie	3	3	0	F
Air tracks/tables	3	1	2	G
Bacs de simulation pour l'étude des ondes	3	1	2	G/F
Microprocesseurs	3	3	3	G/F
Composants électroniques	3	1	3	B/E/G
Pompes à eau, à vide, etc.	3	0	3	B/G
Perceuses	1	3	2	E/B
Tours, fraiseuses, etc.	2	3	2	E/B
Outils à main	0	3	1	E/B
Valves/cylindres pneumatiques	3	0	3	E/B
Lentilles miroirs	3	0	3	G
Becs Bunsen	2	3	2	G
Réchauds électriques	2	3	2	B/E/B
Tensiomètres	3	3	3	E/G
Moteurs à explosion	3	0	3	B/E
Moteurs électriques	3	0	3	B/E/D
Microphones/ haut-parleurs	3	3	3	B/E/D
Commutateurs/ relais	3	0	3	B/D/E
Écrous, boulons, vis	0	0	3	A/D/B
Matériaux bruts (plastiques, métal, bois, etc.)	0	0	3	A/D/B
Échantillons pour tests fabriqués à partir de matériaux bruts	3	3	0	F/G
Banc d'essai pour moteurs	3	0	0	G

Bien que très limitée, cette liste est susceptible de fournir aux divers enseignants un cadre de réflexion qui les aidera à déterminer les équipements nécessaires en fonction des buts et objectifs qu'ils se seront fixés. Il n'est pas inutile d'examiner avec soin la question du coût et de l'intérêt pédagogique des équipements notés « 3 » ou moins dans une colonne et « 0 » dans les deux autres. Est-il vraiment indispensable, par exemple, d'acheter un jeu extrêmement coûteux de modèles de moteurs et de boîtes de vitesse qui ne servira que pour quelques heures de cours par an ? Peut-on se passer, en revanche, d'un bon assortiment d'écrous et de boulons ?

Sources d'approvisionnement

Les fournisseurs attitrés des laboratoires ne sont pas forcément en mesure de répondre à toutes les exigences de l'enseignement de la technologie. De toute façon, même quand les articles recherchés sont disponibles chez ces fournisseurs, il convient de songer sérieusement aux autres possibilités de se les procurer qui pourraient s'offrir. La liste suivante, qui reprend le code utilisé dans la colonne de droite du tableau ci-dessus, signale quelques sources d'approvisionnement possibles.

Rebuts de l'établissement scolaire (A). Il est impossible de prévoir les besoins en matériel qu'entraîneront les réalisations envisagées par les étudiants. Les établissements devraient donc constituer systématiquement une réserve de matériaux et de pièces mécaniques, provenant, par exemple, de leurs propres rebuts. On s'efforcera aussi de récupérer des articles dont les élèves et leur famille ne se servent plus ou qui sont mis à la casse par des entreprises locales alors qu'ils comportent souvent de nombreux éléments utilisables pour l'apprentissage de la technologie à l'école.

Rebuts et surplus des entreprises locales (B). Indépendamment de la récupération systématique d'articles mis au rebut par l'industrie, il est souvent très utile de s'adresser aux entreprises locales lorsqu'on a besoin d'un matériel précis. Un industriel peut fort bien accepter de donner ou de prêter à un établissement scolaire du voisinage le matériel en excès, surtout s'il estime que cela pourra faciliter la formation de futurs techniciens dont bénéficiera sa propre entreprise.

Matériaux bruts locaux (C). Il est étonnant de constater le parti qu'on peut tirer de matériaux obtenus localement à un prix de revient très inférieur à celui d'éléments importés tels que les jeux de construction, etc.

Commerces locaux (D). Les quincailliers ont souvent en stock de nombreux articles qui peuvent être utilisés tels quels ou adaptés aux besoins des établissements scolaires.

Sous-traitance industrielle locale (E). Se souvenir que les industries locales ont besoin de matériels et d'éléments qu'il est souvent beaucoup plus avantageux de se procurer par cette filière spécialisée qu'auprès des fournisseurs attitrés de matériel scolaire.

Artisanat scolaire (F). Il arrive souvent que l'établissement scolaire soit obligé de fabriquer lui-même un équipement pédagogique dont le prix est trop élevé. Les élèves peuvent souvent s'en charger dans le cadre de leurs travaux pratiques.

Fournisseurs attitrés des laboratoires (G). Cette source d'approvisionnement est en général la plus coûteuse et il faudrait n'y faire appel qu'après avoir exploré toutes les autres possibilités qui peuvent être raisonnablement envisagées.

Comme le montre l'exemple du programme intitulé Project Technology, *la fourniture d'équipements pour l'enseignement de la technologie peut être laissée complètement à l'initiative des divers établissements concernés. Ces établissements utilisent à la fois des matériels commercialisés et des éléments disponibles sur place. A l'opposé, il existe des systèmes d'enseignement dans lesquels les équipements — conformes à des spécifications définies pour chaque discipline — sont acquis centralement et distribués aux divers établissements. Le chapitre suivant décrit à cet égard le cas de la Hongrie et les efforts déployés dans ce pays pour produire à l'échelon local et national un équipement normalisé, à la fois par souci d'économie et pour faciliter sa réparation et son entretien.*

Un matériel pédagogique moderne pour l'enseignement des disciplines scientifiques en Hongrie. Problèmes économiques de conception et d'utilisation

Görgy Appel

Introduction

La vocation essentielle de la pédagogie est de transmettre toutes les valeurs et connaissances que l'humanité a accumulées au cours de son histoire et de son évolution. En raison de la croissance exponentielle du savoir et du temps relativement limité qui peut être consacré à l'éducation, une réforme de l'enseignement est inévitable. Cette réforme doit viser à la fois l'enseignement public et la formation professionnelle et il est particulièrement important pour les petits pays qu'elle puisse être menée à bien.

En Hongrie, tous les enfants sont censés suivre un enseignement général qui s'étend sur huit années réparties en deux cycles, dont l'un va de la première à la quatrième année, l'autre de la cinquième à la huitième année. L'instruction est obligatoire pour tous les enfants âgés de 6 ans. A partir de 3 ans, les enfants peuvent fréquenter l'école maternelle. Au terme des huit années de scolarité générale les enfants peuvent poursuivre leurs études dans les écoles du second degré.

L'enseignement secondaire a été mis en place en 1972 par le Comité central du Parti des travailleurs socialistes hongrois dans le cadre du plan général de réforme de l'éducation. Il est dispensé dans trois catégories d'établissements :

1. *École de formation technique* (trois années d'études). Formation de travailleurs qualifiés.
2. *École professionnelle* (quatre années d'études). Formation de travailleurs qualifiés et certificat de fin d'études secondaires ; point de départ d'études plus poussées.
3. *École d'enseignement général du second degré.* Préparation à l'entrée dans les collèges et autres établissements d'enseignement supérieur.

En 1972, la Hongrie a décidé de moderniser son système éducatif. La mise en œuvre de cette réforme est aujourd'hui presque achevée. Depuis 1978, un nouveau programme est progressivement introduit dans les établissements scolaires. Les responsables ont estimé qu'élaborer les programmes d'enseignement revenait à planifier l'ensemble du processus d'enseignement et d'apprentissage d'une matière. Ce mode d'approche fondamental les a conduits à considérer le contenu de la discipline et le matériel correspondant comme un tout. De plus, ils ont mis l'accent sur le fait que le problème de la pédagogie et de la conception du matériel scolaire n'était pas principalement d'ordre méthodologique. Le contenu est capital et doit être conforme aux exigences du système d'enseignement. Il est fondamental, d'autre part, de disposer des crédits indispensables pour équiper les écoles et de créer une capacité nationale de conception du matériel, projet qui a été rapidement mis en route.

Le lien entre la discipline et le matériel

Le rapport entre le matériel scolaire et la discipline enseignée est en quelque sorte réciproque. En d'autres termes, le choix du matériel le plus approprié devrait être fonction du contenu de la discipline enseignée et, de son côté, le matériel influe sur le choix de la discipline. La plupart des enseignants hongrois sont bien documentés au sujet du matériel scolaire. La planification, dans ce cadre, doit nécessairement être le fruit d'une collaboration entre celui qui enseigne la discipline, le concepteur et les spécialistes en matière de matériel et d'auxiliaires pédagogiques, pour atteindre à une certaine unité dans la nature, les traits distinctifs et les facteurs économiques en rapport avec le sujet traité. Des commissions au sein desquelles siègent des spécialistes tant de la discipline que du matériel poursuivent leurs travaux. Il ressort de l'expérience acquise au cours de cet effort de planification que les exigences liées à la discipline traitée jouent un rôle prédominant.

En Hongrie, seul le matériel autorisé par le ministre de l'éducation peut être utilisé dans les établissements scolaires. Le ministre se détermine en fonction des recommandations du Conseil scientifique interdépartemental de coordination en matière de technolo-

gie éducative. Entre 1973 et 1977, le ministère a fait paraître les listes I et II de matériel de base et la société nationale chargée de la production de matériel scolaire a équipé toutes les écoles en fonction de ces listes, l'opération étant financée par le budget central. Les différences qui pouvaient être relevées entre diverses écoles du premier et du second degré se sont ainsi sensiblement atténuées. Depuis, le ministère a publié les listes III, IV et V et les établissements scolaires sont déjà dotés de 90 % des articles figurant sur la liste IV, parue en 1978. La fourniture de l'ensemble de ce matériel a coûté au total 172 millions de forints.

La liste V vise la totalité du matériel requis pour la mise en œuvre du nouveau plan d'éducation. Ce matériel sera progressivement introduit dans les écoles d'année en année jusqu'en 1985. Quant aux dépenses correspondantes, il a été estimé, dans le cas des seules sciences exactes et naturelles, qu'elles dépassaient 250 millions de forints pour les écoles de Budapest.

L'amélioration de l'enseignement et la fourniture d'équipement scolaire appellent nécessairement une planification à long terme, étant donné qu'il convient de tenir compte à la fois des exigences pédagogiques, des considérations financières, du besoin d'innovation et de leurs incidences sur la production.

Les facteurs économiques ont une importance capitale. La mauvaise situation économique internationale a des conséquences défavorables sur tous les pays et les mesures adoptées sur le plan économique se répercutent sur le budget scolaire et le nombre des acquisitions que l'établissement peut se permettre.

Une étude économique du matériel scolaire devrait aborder la question du triple point de vue de l'utilisation, de l'entretien et de la conception.

Aspects économiques de l'utilisation du matériel scolaire : formation pédagogique

La valeur d'un équipement se mesure à la fréquence de son utilisation et au bon usage qui en est fait. Le coût relatif d'un appareil onéreux est d'autant plus élevé qu'il demeure inutilisé dans un laboratoire ; au contraire, son coût de production est amorti s'il est fréquemment et convenablement employé. C'est par la formation pédagogique qu'on peut atteindre à la rentabilité maximale. Certains enseignants estiment qu'il est indispensable de disposer d'un matériel scolaire ; d'autres, au contraire, méprisent le recours à de tels auxiliaires. Ces positions extrêmes se dessinent au cours de la période initiale de formation. Une formation en technologie éducative est dispensée à trois niveaux : écoles normales/collèges de formation pédagogique/universités ; Centre national de technologie éducative ; instituts d'études supérieurs des comtés et de Budapest.

La formation est organisée de la façon suivante :

Le Centre national de technologie éducative forme chaque année 20 à 25 spécialistes destinés à travailler dans les instituts pédagogiques de comté.

L'institut de comté forme les animateurs des établissements d'enseignement de base en matière de technologie éducative au rythme de 500 à 600 personnes par an.

Ceux-ci forment à leur tour les animateurs de technologie éducative des écoles à raison de 5 000 à 6 000 personnes par an.

Au niveau de l'école, les animateurs forment des équipes et d'autres membres du personnel à raison de 50 000 à 60 000 personnes chaque année.

A l'école normale, soixante heures sont consacrées à une initiation à l'audiovisuel et autres moyens d'information. A la fin du trimestre, les élèves se voient attribuer des notes sanctionnant leurs connaissances pratiques. C'est ainsi que, dans le cadre d'une matière donnée, ils doivent, par exemple, être capables de concevoir un modèle de rétroprojecteur et de l'utiliser. Pour le reste, ils seront initiés à la manipulation des autres appareils à l'occasion de stages pratiques d'enseignement et de conférences d'ordre méthodologique.

Le Centre national de technologie éducative et les instituts de comté dispensent une formation pédagogique supérieure. Des groupes de technologie éducative sont constitués pratiquement dans chaque comté. Dans ces groupes, les enseignants se familiarisent avec le matériel, principalement audiovisuel, qu'ils apprennent à utiliser, à entretenir et à gérer. Tous les enseignants doivent ainsi avoir reçu une formation de base avant la fin 1980. Certains suivent également des cours spécialisés, par exemple en matière de planification des médias, d'utilisation des ordinateurs, etc.

Aspects économiques de l'entretien

Avant 1976, aucun système de réparation du matériel scolaire n'avait encore été institué et le problème n'est aujourd'hui que partiellement résolu. Cette situation est essentiellement due au fait qu'à l'origine, le matériel se composait d'éléments, de modèles, cartes et panneaux qui ne demandaient pas d'interventions importantes. En revanche, les appareils modernes, audiovisuels notamment, doivent être régulièrement entretenus. Il ressort d'études menées entre 1973 et 1975 que 40 % des appareils n'étaient pas utilisés faute d'être réparés. Un appareil audiovisuel qui fonctionne mal compromet la continuité de l'enseignement et n'est pas rentable. C'est la raison pour laquelle, à

partir de 1976, les ateliers de réparation ont été créés de façon plus systématique.

Les installations sont réparties selon un découpage territorial qui dote chaque comté d'un atelier de réparation. Il a fallu surmonter certains obstacles dus, notamment, au large éventail d'appareils existants, qui a rendu difficile l'acquisition de pièces détachées et autres fournitures (les établissements scolaires utilisent de 14 à 16 types différents de magnétophones), à l'irrégularité des transports entre les écoles et l'atelier et à la longueur excessive des délais de réparation résultant de la pénurie de main-d'œuvre.

Selon la procédure habituelle, les appareils défectueux des écoles du comté sont rassemblés puis réparés par une équipe de techniciens du groupe de technologie éducative du comté. Les pièces détachées sont soit achetées, soit remplacées par des éléments utilisables de vieux appareils. La participation financière demandée aux écoles est fixée selon un barème agréé. Les petites réparations sont effectuées sur place.

A Budapest, les réparations sont faites par les institutions chargées de la formation des travailleurs spécialisés. Les appareils fournis par la société nationale chargée de la fabrication du matériel scolaire sont entretenus par les services compétents de la société. Quant aux appareils achetés à des fournisseurs privés (télévisions, magnétophones, électrophones, etc.), ils sont réparés par les soins de ces derniers.

La normalisation du matériel est le facteur essentiel à considérer en matière de réparations. Elle permet d'éviter d'acquérir des appareils pédagogiques ne répondant pas aux exigences techniques et méthodologiques de leur utilisation à l'école, en les soumettant à des tests appropriés, et aussi d'accélérer le processus de réparation — par exemple dans le cas des projecteurs de diapositives, dont il existe plus de huit modèles. Pour résoudre ce problème, le Centre national de technologie éducative a commencé à diffuser quelques spécifications techniques. En 1979, le Conseil scientifique interdépartemental de coordination de l'enseignement technique a formulé la proposition ci-après : il conviendrait de procéder à une analyse détaillée de tous les articles produits localement et importés, ainsi qu'à une évaluation de tous les appareils utilisés ou en voie de l'être avant d'en décider la diffusion, et cette évaluation devrait viser à déterminer s'ils sont adaptés à un usage scolaire.

Aspects économiques de la conception : fourniture de matériel approprié

L'enquête menée en 1975 a révélé que certains types de matériel utilisés dans les écoles étaient d'un niveau technique insuffisant, périmés sur le plan pédagogique et coûteux. Pour remédier à cette situation, la fourniture de tout nouveau matériel a été réglementée de la façon suivante : le fabricant et le commissaire national sollicitent conjointement le Conseil scientifique interdépartemental de coordination de l'enseignement technique d'autoriser l'emploi du matériel dans les établissements scolaires, en joignant à leur demande les documents pertinents (voir l'annexe à la fin de ce chapitre). Cette demande est examinée par des experts. Selon la nature du matériel, le président du Conseil scientifique confie l'évaluation soit à l'Institut national de pédagogie, soit au Centre national de technologie éducative. L'acceptation ou le rejet de la demande dépend de la viabilité du matériel, envisagée sous l'angle de la disponibilité, de la gestion, de la manutention et de l'entretien, y compris l'existence d'ateliers de réparation et de pièces de rechange, ainsi que de sa valeur selon des critères d'ordre technique, pédagogique et économique.

Matériels conçus par les enseignants

Il arrive que le professeur fabrique lui-même un matériel didactique, qu'il lui est loisible d'utiliser sur simple autorisation de l'établissement. Mais ce matériel mérite parfois d'être plus largement diffusé. A cette fin, un concours central a été organisé à l'occasion duquel les enseignants peuvent faire connaître leurs idées et le matériel qu'ils ont mis au point. La procédure est la suivante :

Le matériel conçu par les enseignants est regroupé par les équipes de travail de district et envoyé aux groupes de technologie éducative de l'Institut supérieur de formation pédagogique du comté.

Après une première évaluation, les instituts de comté transmettent les meilleurs spécimens au Comité du matériel scolaire, au Centre national de technologie éducative ainsi qu'à l'Institut national de pédagogie.

Le matériel est classé en plusieurs catégories, selon qu'il est recommandé de le diffuser à l'échelle nationale ou à l'échelle locale du comté ou de la ville. Il est suggéré de produire un prototype (qui sera conservé dans un dépôt central, d'où il pourra être donné en prêt). L'utilisation du matériel peut aussi n'être recommandée que dans le cadre de l'établissement où enseigne le professeur qui la mis au point.

L'enseignant reçoit une récompense pour avoir participé au concours, quelle qu'en soit l'issue en ce qui le concerne.

Certains instituts supérieurs de formation pédagogique élaborent également des projets, principalement d'auxiliaires audiovisuels. C'est ainsi que le programme de diapositives de Budapest est très connu en Hongrie. Le rétroprojecteur est employé dans l'enseignement de la géographie, de la biologie, des mathématiques, de la physique et de la chimie. Tous les établissements scolaires de la capitale en sont dotés. Selon certains rapports, les enseignants sont très favorables au recours à de tels auxiliaires de l'enseignement. Malheureusement, la production de matériel audiovisuel continue de soulever des difficultés dans le pays. Diverses méthodes typographiques n'y sont pas encore utilisées. Le matériel scolaire produit par la société nationale se compose donc principalement de modèles, cartes et autres auxiliaires audiovisuels de même nature. La fabrication du rétroprojecteur est encore relativement coûteuse. Les instituts supérieurs de formation pédagogique produisent également des collections de diapositives relativement peu coûteuses. A l'échelle du comté, la question relève de l'entreprise productrice de films fixes.

Le système de prêt qui a été institué présente un intérêt majeur du point de vue économique. Les instituts supérieurs de formation pédagogique jouent accessoirement le rôle de dépôts principaux de matériel. Ils assurent un service de prêt de matériel relativement coûteux : films, diapositives, bandes magnétiques, etc. Les dépenses des établissements scolaires s'en trouvent ainsi réduites.

Coopération internationale

Afin de parvenir à mieux équilibrer les considérations économiques et pédagogiques dans la conception et la production de matériel scolaire, la Hongrie a noué des liens de coopération avec d'autres pays socialistes. Elle a participé à plusieurs reprises à des conférences sur le matériel scolaire scientifique et a organisé une réunion internationale en 1977. Parmi les thèmes :

Le rôle et l'importance du matériel scolaire dans la formation de la personnalité de l'élève.

L'importance et le rôle didactiques du matériel scolaire dans la modernisation de l'enseignement et de l'éducation.

L'utilisation efficace du matériel scolaire.

La possibilité d'améliorer la qualité des films pédagogiques.

Les tâches et les possibilités de la coopération internationale.

L'organisation périodique de réunions de ce type renforce la coopération internationale, permet une production plus rentable et une utilisation plus efficace du matériel dans l'enseignement.

Cette coopération a abouti jusqu'à présent aux résultats ci-après :

Les jardins d'enfants ont été équipés, entre 1977 et 1979, du dispositif d'exercice physique de Greifswald.

Les établissements d'enseignement primaire et secondaire ont été dotés, entre 1975 et 1977, de rétroprojecteurs Polylux (fabriqués en Rép. dém. allemande) et Apollo (fabriqués en Yougoslavie).

Le matériel de base des écoles primaires et secondaires s'est enrichi, entre 1973 et 1976, d'un banc de démonstration optique (conçu et fabriqué en Pologne).

Conclusion

La production de matériel scolaire en Hongrie est centralisée et fait partie intégrante du programme agréé. Enseignants, économistes, ingénieurs, technologues et spécialistes de la méthodologie y participent. Les critères fondamentaux d'acceptation du matériel sont la rentabilité et la pertinence par rapport aux tâches éducatives. La production de matériel scolaire est liée à la réforme scolaire amorcée en 1978. Des cours sont organisés à l'intention des enseignants afin de les familiariser avec le programme et de leur apprendre à utiliser le matériel. Le prix du matériel scolaire figurant sur la liste officielle est fixe ; les hausses de prix et de coûts de production supposent donc l'ajustement de la production aux besoins des établissements scolaires, les dépenses étant maintenues au niveau le plus bas possible.

Annexe

Renseignements devant être fournis à l'appui de toute demande d'homologation de matériel pédagogique pour utilisation dans les écoles

Nom et description du matériel.
Type et caractère (expérimental, conçu pour les enseignants).
Nom et adresse du producteur.
Auteur(s) du texte d'accompagnement.
Lecteur(s).

Désignation du champ d'application : type d'institution(s) ; discipline(s) ; classe(s) ; sujet(s).
Désignation sur la liste du Ministère de l'éducation avec indication du numéro d'identification du matériel et de son degré d'importance.
Prix estimatif à la consommation.
Délai de livraison minimal.
Responsable de la discipline.
Autres personnes (organisateur).
Nom et adresse des experts invités à étudier le sujet proposé.
Forme des services de réparation garantis par l'auteur de la demande.
Énumération détaillée de la documentation jointe.

Autres éléments d'information requis

Description en hongrois du matériel indiquant les fonctions pédagogiques de base, les principales caractéristiques du contenu et de la fabrication.
Échantillon du matériel.
Projet de texte d'accompagnement.
Opinion des lecteurs.
Déclaration officielle et données relatives à la protection des travailleurs.

Documentation

1. *Az Oktatási Miniszter 1/1980./I.30 számu rendelete* [Arrêté départemental n° 1/1980./I.30. du ministère de l'éducation].
2. *Müvelödésügyi Közlöny,* n° 5, 1979.
3. *Müvelödésügyi Közlöny,* n° 12, 1979.
4. *Taneszköz árjegyzék 1976* [Catalogue de matériels pédagogiques 1976]. Tanért Kiadvány, 1976.
5. *Tájékoztató az 1980. évi taneszköz és butorellátási tevékenységröl* [Brochure d'information relative à la fourniture de matériel pédagogique et de mobilier scolaire en 1980]. Tanért Kiadvány, 1980.
6. BODO, László. *Nemzetközi Tudományos Taneszkóz Konferencia Budapesten* [Conférence scientifique internationale de Budapest sur le matériel éducatif]. *A-V Közlemények,* n° 6, 1977.
7. KOREN, László. *A szocialista országok taneszközgyártó és ellátó vállalatok vezetöinek tánácskozásáról* [Conférence relative à la production et à la fourniture de matériel pédagogique dans les pays socialistes]. *A-V Közlemények,* n° 6, 1977.
8. *Fejlett oktatás korszerü oktatási eszközök* [Éducation moderne ; matériel pédagogique de pointe]. *Köznevelés,* n° 34, 1976.
9. *400 millió taneszközökre* [400 millions pour le matériel pédagogique]. *Köznevelés,* n° 31, 1976.
10. *Minden iskolát ellátunk alapvetö taneszközzel* [Toutes les écoles sont dotées d'un matériel pédagogique de base]. *Köznevelés,* n° 34, 1976.
11. KOREN, Istvan. A kétoldalu taneszközgyártási együttmüködés tapasztalatai, fejlesztési lehetöségei [Expérience et perspectives de la coopération bilatérale dans le domaine de la production de matériel pédagogique]. *Tanszerek az Iskolában* [Le matériel pédagogique à l'école]. Tanért, Kiadvany, 1978.

Adresses des instituts chargés de la conception et de la production de matériel pédagogique en Hongrie

1. Országos Oktatástechnikai Központ [Centre national de technologie éducative]. Veszprém. Schönherz Z. u. 2. Tél. : 36-80-11-351.
2. Országos Tanszergyártó és Ertékesitö Vállalat [Société nationale de production et de vente de matériel pédagogique]. Budapest VIII. Szentkirályi u. 12. Tél. : 36-1-142-295. Télex : 22-6407.
3. Országos Pedagógiai Intézet [Institut pédagogique national]. Budapest VI. Gorkij fasor 17-21. Tél. : 36-1-221-200.
4. Fövárosi Pedagógiai Intézet [Institut pédagogique de Budapest]. Budapest VIII. Horváth Mihály tér 8. Tél. : 36-1-336-964.

Le débat résumé dans la première partie semble montrer qu'une relation étroite est indispensable entre les éléments de l'élaboration des programmes d'enseignement, à savoir le matériel imprimé et l'équipement si l'on veut que l'apprentissage des sciences soit efficace, l'équipement scolaire fourni doit être adapté le mieux possible aux conditions et situations locales. Il a été considéré que le facteur clé de cette relation est l'enseignant, qui doit être associé à toutes les phases du processus d'élaboration des programmes.

Le groupe de travail n° 2 s'est intéressé à la conception et à la production de l'équipement. Le résumé suivant des séances plénières et des débats du groupe de travail fait apparaître les principales conclusions générales de la réunion.

Deuxième partie

Conception et production de l'équipement scientifique et technologique scolaire

Résumé des séances plénières et des débats du groupe de travail

Le concepteur de matériel et le groupe d'élaboration des programmes

Dans de nombreux pays, la production locale d'un équipement bon marché est essentielle, tant pour des raisons éducatives que pour des raisons économiques. L'idéal consiste à faire travailler en étroite collaboration le concepteur d'équipement et les spécialistes des programmes. Il est en outre considéré comme indispensable que, durant la phase expérimentale de l'élaboration des programmes, les prototypes d'équipement, d'où qu'ils viennent, soient testés et évalués.

Certes, il se peut que tel ou tel pays ne dispose pas de spécialistes de l'équipement et il sera donc nécessaire de former le personnel requis. A cette fin, il convient d'organiser des cours de formation sur la conception et la mise au point de l'équipement scolaire. Ces cours pourraient avoir pour cadre des institutions appropriées au niveau national et/ou régional. Les personnes qui devraient bénéficier de cette formation sont des professeurs de sciences, des professeurs d'enseignement technique et des techniciens de laboratoire. Pour encourager une telle formation, il faudrait prendre des dispositions particulières pour mettre en place un système de bourses et des programmes d'échange.

Pour faciliter une coopération créative entre les spécialistes de l'équipement et les spécialistes des programmes, et assurer une formation dans les deux domaines, la création d'un centre national permettrait sans doute à nombre de pays de disposer du meilleur mécanisme institutionnel. Ces centres collaboreraient étroitement avec les industries locales fabriquant du matériel spécialisé. Dans le cas des petits pays qui ne seraient pas en mesure de créer des centres nationaux (parce que les dépenses de fonctionnement risqueraient d'être trop élevées et que le marché national risquerait de ne pas pouvoir absorber tous les matériels produits), la coopération entre plusieurs pays pourrait être une solution.

L'ingénieur concepteur et le processus de production

Le processus de production est considéré comme distinct du processus de conception et d'élaboration. Cependant, il faut que l'équipement à produire en série corresponde aux spécifications du prototype réalisé durant la phase d'élaboration des programmes. Pour diriger la production des quelques prototypes nécessaires durant la phase d'élaboration des programmes, les compétences de l'ingénieur concepteur seront probablement suffisantes. Toutefois, lorsqu'il s'agira de passer à la production en série, il faudra disposer d'un personnel ayant reçu une formation appropriée.

Pour renforcer les programmes nationaux de conception et de production d'équipement scientifique bon marché, il a été estimé que les États membres de l'Unesco avaient besoin d'une aide pour faciliter la formation aux techniques de production. Cette aide pourrait prendre les formes suivantes : *a)* conseils concernant la détermination des besoins individuels et nationaux ; *b)* détermination des établissements de formation appropriés ; *c)* octroi des bourses permettant de recevoir une formation dans ces établissements.

Des bourses de courte durée pourraient être accordées aux membres du personnel des unités de production afin qu'ils étudient les techniques spécialisées non enseignées dans les établissements de formation nationaux. Les domaines sur lesquels porterait probablement cette formation sont les suivants : fabrication d'instruments et de matrices pour le traitement des matières plastiques ; travail du verre d'optique ; fabrication de thermomètres ; stockage et distribution.

Les associations de professeurs de sciences peuvent jouer un rôle important sur le plan du contrôle de la qualité en publiant dans leurs périodiques spécialisés des notes critiques sur les équipements.

Approvisionnement et production

La conception, la production et la distribution de l'équipement, nécessaire à l'enseignement des sciences, constituent un processus complexe, qu'on peut illustrer par le diagramme qui fait l'objet de la figure ci-après. L'approvisionnement est une phase de ce processus qui peut comporter l'acquisition d'articles, sous forme soit de pièces détachées à monter, soit d'éléments complets d'équipement, en vue de les incorporer à un ensemble destiné à répondre aux besoins de l'école. Quand les articles sont importés, les délais de livraison et la nécessité de disposer de devises représentent des obstacles, de même que les droits de douane ou les formalités à remplir pour obtenir des exonérations.

L'achat en gros d'équipement scientifique scolaire est souvent pratiqué, car il permet de réduire les coûts ; il s'effectue généralement par les voies officielles. Cependant, il est manifestement utile d'associer l'unité de conception et de production de l'équipement scientifique aux opérations d'approvisionnement, de façon à garantir le respect scrupuleux des spécifications quelle que soit l'origine de l'équipement.

Il est recommandé d'aider les groupes chargés de la conception et de la production de l'équipement dans les États membres à mener à bien l'approvisionnement et la production de l'équipement. Cette aide peut consister à formuler une série de principes directeurs concernant :

Les spécifications à respecter en cas d'achats à des fournisseurs étrangers d'équipement destiné à l'enseignement des sciences.

Les procédures d'adjudication permettant d'obtenir l'équipement le plus approprié au prix le plus bas.

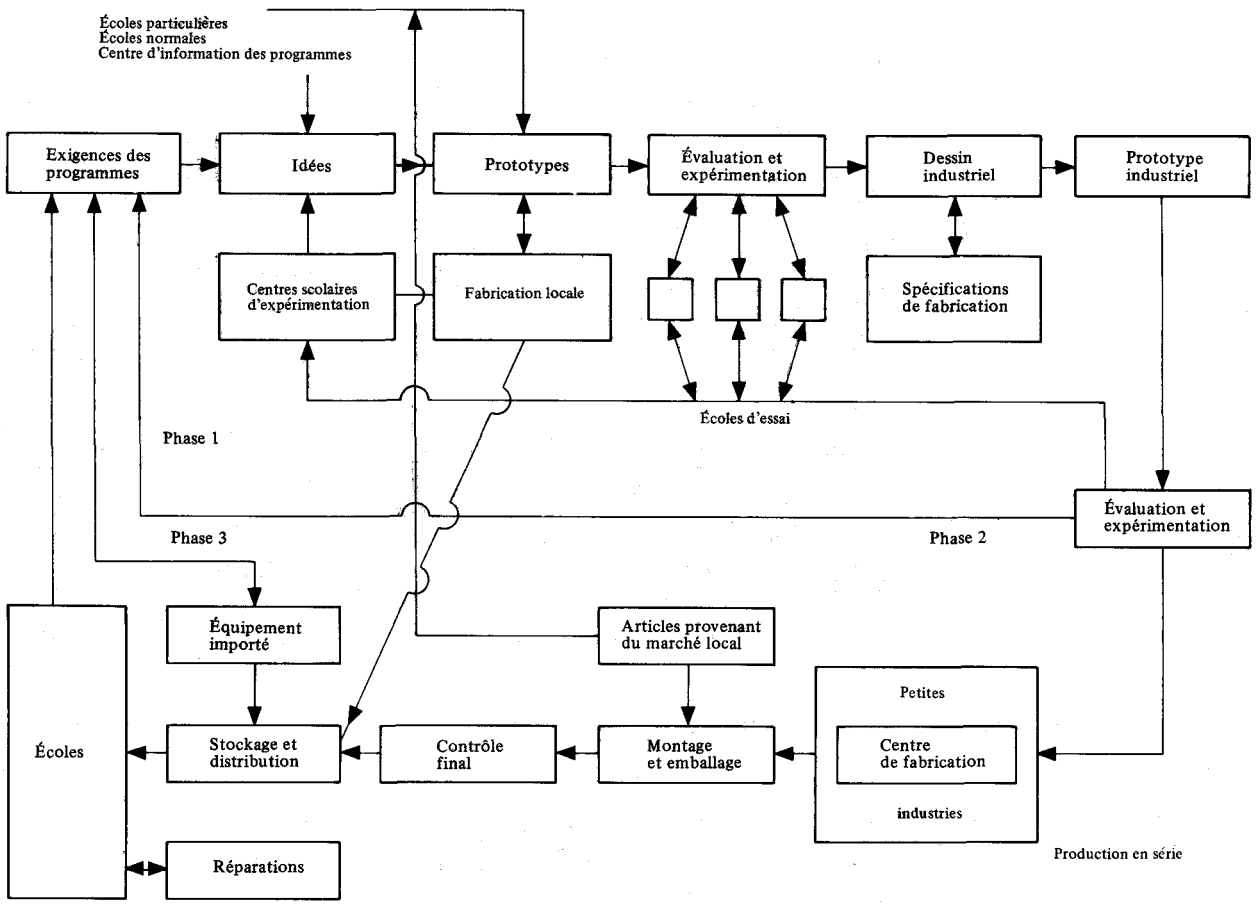
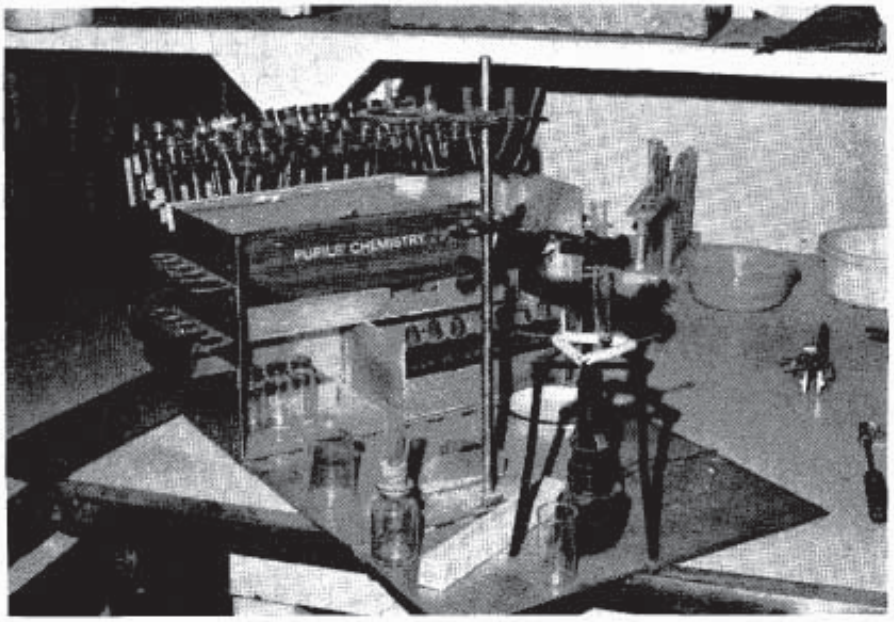


FIG. 1. Suggestions pour un système général de conception, de production et de distribution de l'équipement scientifique scolaire.

Nécessaire de chimie mis au point au NCERT (Inde).



Manuels et livres du maître élaborés et imprimés au NCERT (Inde).

La normalisation de l'équipement pour faciliter la solution des problèmes de pièces détachées, d'entretien et de réparation.
Les critères de contrôle de la qualité.
Les mécanismes de l'achat en gros.
Le stockage et la distribution.
Les méthodes d'évaluation de l'équipement.

Il est également recommandé de trouver les moyens de faciliter l'achat d'équipement entre États membres à l'échelon régional et local et d'instituer des mécanismes d'échange afin que les unités de production mettent en commun leur outillage spécialisé et leurs matrices.

Stratégies à mettre en œuvre pour créer des centres nationaux de production

Les participants ont brièvement décrit différents types de centres d'équipement scientifique fonctionnant dans leurs pays et examiné en détail leurs avan-

tages et leurs inconvénients. Le modèle retenu définitivement par un pays déterminé sera, bien sûr, fonction d'un certain nombre de facteurs internes et il se peut que certains États membres demandent à l'Unesco de les aider à créer leurs propres centres nationaux. Cette aide pourrait consister à fournir : des orientations (au moyen de brochures, études de cas, etc.) donnant une information de base et indiquant les conditions de réalisation de tels centres ; des experts, venant de préférence de la même région, chargés de conseiller les États membres ; des informations sur les fonctions, la structure et l'organisation du centre. Si les centres nationaux sont créés avec une aide étrangère, il est vivement recommandé que cette aide soit progressivement réduite, selon un calendrier convenu, à mesure que la participation locale se renforce.

De nombreuses stratégies peuvent être utilisées pour permettre aux écoles primaires et secondaires de disposer d'un équipement à bon marché. Il est possible de leur fournir des plans (modèles) pour la construction d'équipement, de les approvisionner en pièces détachées non disponibles localement, de leur fournir les composants dont elles ont besoin pour monter les instruments, enfin de les conseiller et de les aider dans la construction et l'équipement de laboratoires scolaires, peut-être sous la forme de projets communautaires.

Comment équiper les écoles à l'échelle nationale

Carl Soren Hâkansson

Dans la plupart des pays, de nouveaux programmes d'enseignement des sciences sont en cours d'élaboration. Cela est dû à la volonté des autorités responsables de l'éducation d'élever le niveau de l'éducation, en particulier dans le domaine des sciences, pour répondre à la demande de personnel technique et scientifique qui résulte de la prise de conscience de l'importance croissante de l'industrialisation ainsi que du développement agricole.

Il est également largement reconnu que l'enseignement des sciences revêt une importance considérable et immédiate pour de nombreuses activités de la vie quotidienne, tant dans les communautés urbaines que dans les communautés rurales. Beaucoup de ces nouveaux programmes mettent l'accent sur la participation active de l'élève et sur l'apprentissage par la découverte. Malheureusement, très peu de pays ont les moyens de se procurer l'équipement scientifique et les autres auxiliaires pédagogiques nécessaires pour répondre aux besoins qu'impliquent de telles activités. Le manque de devises étrangères, l'insuffisance des connaissances techniques et l'inadéquation des moyens de fabrication constituent d'autres problèmes majeurs. De plus, les problèmes que posent la conception et la production de grandes quantités de matériel éducatif ne sont pas bien compris. Seuls quelques pays ont sérieusement entrepris de produire en série des auxiliaires pédagogiques (le plus souvent en quantités relativement faibles) pour faire partiellement face aux besoins les plus importants. Certains pays ont malheureusement tablé sur l'importation et l'aide étrangère et continuent de le faire. D'autres s'efforcent d'élaborer des programmes dans le cadre desquels maîtres et élèves sont appelés à concevoir et à produire une partie de l'équipement nécessaire à l'enseignement des sciences et des mathématiques en utilisant tous les matériaux disponibles dans le voisinage des écoles. Les équipements importés et ceux qui sont produits par les maîtres et les élèves se sont cependant révélés insuffisants, car très rares sont les enseignants qui ont les moyens, les capacités ou les motivations nécessaires pour fabriquer du matériel et l'aide étrangère ne peut satisfaire que dans une faible mesure une demande toujours croissante. De plus, le grand inconvénient des équipements donnés est la disparité des articles reçus de divers pays en petites quantités qui interdit d'équiper toutes les écoles avec un matériel identique. Lorsque maîtres et élèves sont encouragés à fabriquer des équipements pour répondre aux besoins des nouveaux programmes, seuls les plus motivés et les plus intéressés fabriquent quelques articles et, invariablement, ceux-ci relèvent du domaine de leur intérêt particulier, par exemple l'électronique ou l'électricité. En conséquence, la plupart des écoles des pays en développement dispensent aujourd'hui un enseignement qui ne fait guère appel aux auxiliaires pédagogiques, bien que souvent elles appliquent des programmes et utilisent des manuels fondés sur l'apprentissage par la découverte. Il est donc permis de se demander si les étudiants acquièrent une meilleure compréhension de la science aujourd'hui qu'auparavant, quand les livres et les programmes étaient fondés sur les cours magistraux et les démonstrations au tableau.

Programmes et équipement

Avant d'examiner les exigences techniques qui président à la conception et à la production de l'équipement à l'échelle nationale, il est nécessaire d'insister sur l'importance de la conception des équipements du point de vue de l'élaboration des programmes d'enseignement. Très rares sont les pays en développement qui ont simultanément mené à bien l'élaboration de programmes d'enseignement des sciences et mis au point sérieusement l'équipement requis. Dans la plupart des cas, les autorités responsables de l'éducation ne saisissent pas combien il importe que les deux tâches soient menées parallèlement. En

conséquence, bien des projets d'élaboration de programmes sont lancés sans que les besoins en équipement bénéficient de l'attention voulue. Parfois, le manuel prescrit l'emploi d'un appareillage qui ne saurait être fabriqué localement et dont l'importation serait coûteuse. La seule solution consisterait alors à modifier le manuel de façon qu'il soit possible d'utiliser un matériel simple et bon marché pour faire les démonstrations. Il faut aussi fournir dans le manuel des illustrations de l'équipement à utiliser afin d'aider le maître à réaliser les expériences. Il importe donc que les manuels et l'équipement soient conçus ensemble de façon que l'on puisse déceler rapidement les insuffisances ou les difficultés et y remédier.

Stratégies à mettre en œuvre pour équiper les écoles

Il faut qu'au départ les autorités responsables de l'éducation aient véritablement la volonté d'améliorer la qualité de l'enseignement des sciences en général. Il est en outre nécessaire d'établir des listes types des auxiliaires pédagogiques et de l'équipement dont devraient disposer les écoles. Ces listes devraient être mises au point par les responsables des programmes et soigneusement évaluées par des scientifiques, des professeurs de sciences expérimentés, des experts en équipement scolaire ainsi que les autorités responsables du financement de l'éducation.

Une fois l'inventaire des besoins approuvé, il y a généralement trois sources possibles d'approvisionnement, à savoir les importations, la production locale et la fabrication par les maîtres/élèves/techniciens dans le cadre scolaire. Il est nécessaire d'exclure les dons et l'aide étrangère, car ces moyens d'approvisionnement ne sauraient en aucune façon répondre aux besoins des écoles, sauf dans le cas de pays qui ont une très petite population scolaire, et les critères d'équipement des écoles sont entièrement différents.

L'importation sur une grande échelle d'équipements de base pour l'enseignement des sciences est souvent impossible, faute de devises étrangères. L'importation doit donc se limiter aux articles spécialisés qui ne peuvent être obtenus ou fabriqués localement. Il serait préférable de n'importer que des composants et des matières premières qu'on puisse transformer sur place en produits finis, mais il se peut que pendant encore longtemps il soit nécessaire d'importer des produits chimiques, des composants électriques et électroniques ainsi que des matériels complexes tels que des microscopes, des instruments de mesure électrique, etc. L'expérience dans les écoles normales montre que la fourniture de ce type de matériel importé a des effets néfastes. Les futurs enseignants sont souvent formés dans des laboratoires bien équipés utilisant ces appareils importés. Lorsqu'ils commencent à enseigner, ils se sentent souvent frustrés, car même les auxiliaires pédagogiques les plus élémentaires leur font défaut.

Certains pays sélectionnent soigneusement les demandes d'équipement à importer ainsi que les demandes adressées aux organismes d'assistance, de façon à ne demander que des articles qui ne peuvent pas être fabriqués localement ni remplacés par du matériel disponible sur place.

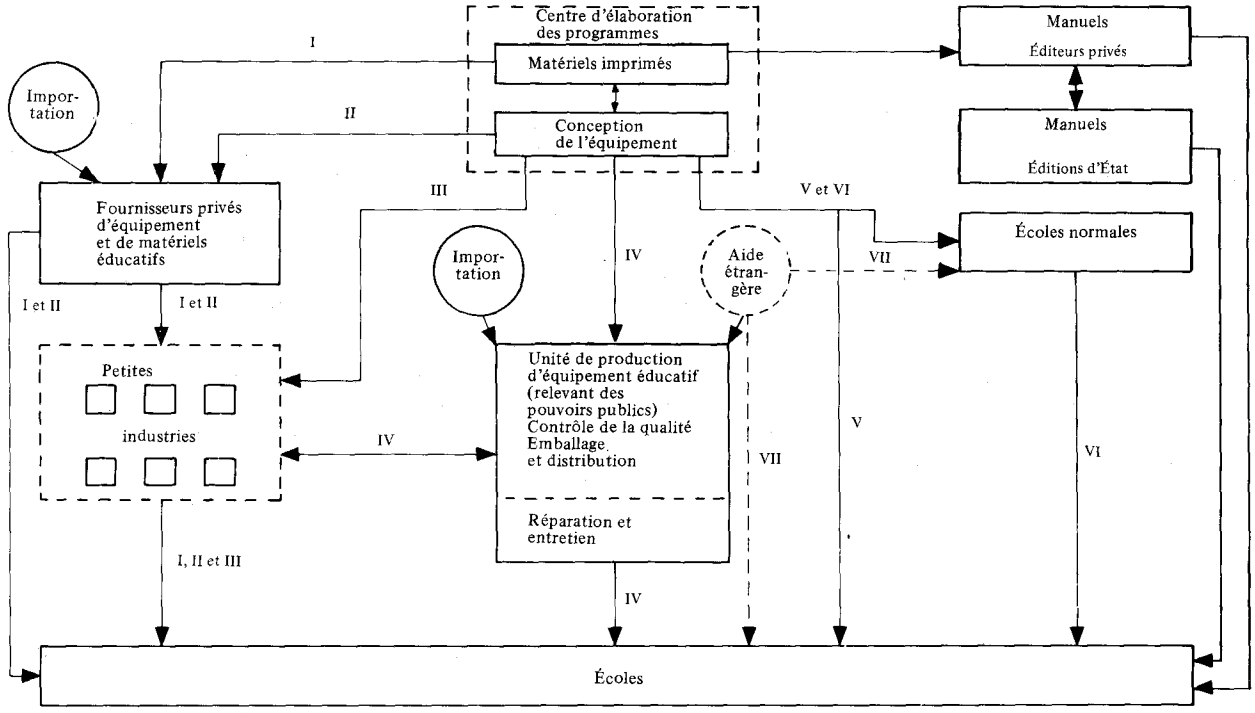
Cette politique est sans aucun doute bénéfique à longue échéance, quand bien même les cinq ou dix premières années risquent d'être difficiles, tandis que les moyens locaux de production se mettent en place.

Du fait que l'importation ne permet probablement pas de répondre à tous les besoins du système scolaire, il semble que les pays en développement aient intérêt à envisager de produire eux-mêmes la majeure partie de leur équipement pour l'enseignement des sciences et de la technologie soit au moyen d'une production en série prise en charge par l'État – qui fait appel à des centres tels que ceux qui existent en Birmanie, au Kenya, en Turquie et en République socialiste du Viet-Nam – soit dans le cadre d'entreprises associant ces centres à de petites industries locales, comme c'est le cas en Inde, au Pakistan ou aux Philippines. Il semble également souhaitable de lancer des activités parallèles pour encourager les enseignants à fabriquer leurs propres auxiliaires pédagogiques à bon marché, en les improvisant à partir de matériaux disponibles localement.

Fabrication locale

La fabrication locale de matériel éducatif peut se définir comme la production à grande échelle d'auxiliaires pédagogiques destinés à l'enseignant ou à l'élève, dans des ateliers conçus et équipés à cet effet. La production locale peut être centralisée dans un seul atelier ou déléguée à plusieurs unités de fabrication, selon le type de matière première et/ou le processus de production.

Les ateliers de production ne sont généralement pas des établissements d'enseignement, mais plutôt des établissements professionnels dont le principal



Formule	Moyens	Conditions
I	Les fournisseurs privés choisissent et importent l'équipement et les matériels éducatifs et les distribuent aux écoles par leurs propres filières.	Ressources en devises suffisantes et absence de restrictions à l'importation et fonds importants alloués à l'équipement des écoles.
II	Les fabricants privés reçoivent des modèles de base du centre d'élaboration des programmes et font fabriquer certains articles sur place et importent ceux qu'il est impossible de produire localement.	Ressources en devises suffisantes, concepteurs qualifiés et industrie orientée vers la production d'instruments. Budget d'équipement pour les écoles.
III	Les petites entreprises industrielles privées sélectionnées coopèrent étroitement avec le centre d'élaboration des programmes, qui leur fournit des modèles complets des spécifications de fabrication. Elles assurent la distribution et la vente par leurs filières privées.	Petite industrie bien organisée et bons moyens de distribution. Crédits d'équipement pour les écoles, individuellement ou à l'échelon du district scolaire.
IV Production bon marché par les services publics	Conception, fabrication et distribution par des centres de l'équipement et des matériels éducatifs relevant de l'État (ministère de l'éducation) avec l'aide, le cas échéant, des petites industries locales (d'État ou privées). Contrôle de la qualité, emballage et distribution assurés par le centre de l'équipement. Services de réparation et d'entretien centralisés et organisés.	Centre de l'équipement et des matériels éducatifs relevant de l'État (ministère de l'éducation) doté de concepteurs, de techniciens et d'ouvriers qualifiés et équipé pour produire des articles en bois, en métal, en plastique et en verre. Moyens d'emballage et de distribution pour les équipements fabriqués localement ou importés. Moyens pour la réparation du matériel (principalement dans le domaine de l'électricité et de l'électronique et pour le matériel audiovisuel). Secteur de petites industries limité. Fonds d'origine locale ou étrangère, pour la création d'une unité de production.
V et VI Fourniture d'équipement bon marché	Fourniture d'auxiliaires pédagogiques à bon marché fabriqués par les maîtres et les élèves dans les écoles.	Instructions concernant la conception et la fabrication de divers auxiliaires pédagogiques. Outils, installations et temps disponible pour la fabrication d'équipement. Fonds limités, au niveau des écoles, pour l'acquisition d'aimants, de fil de fer, de clous, de vis, de bois, etc. Primes pour les enseignants.
VII	Fourniture grâce à l'aide étrangère.	Petit nombre d'écoles et d'écoles normales. Mécanisme de sélection de l'équipement à recevoir de l'étranger. Système de stockage et de distribution. Formation appropriée des enseignants, moyens de réparation et d'entretien du matériel, y compris l'approvisionnement en pièces détachées.

FIG. 1. Moyens possibles de conception, de production et de distribution de l'équipement et des matériels éducatifs.

objectif est la production à grande échelle. Toutefois, le système éducatif peut accessoirement donner une formation en cours de service aux professeurs de sciences et de technologie et aux moniteurs des ateliers scolaires, formation qui profite au processus de production.

La définition de la production locale n'englobe pas la fabrication d'auxiliaires pédagogiques par les enseignants et les élèves dans les écoles. Si l'on veut que ceux-ci fabriquent du matériel, il faut que les autorités responsables des programmes leur fournissent des modèles et des directives pour réaliser un appareillage adéquat. De plus, il faut non seulement leur fournir des outils, mais aussi leur donner du temps, faute de quoi les quantités produites seront insignifiantes. Cependant, il ne faut pas s'attendre que les enseignants et les élèves suffisent à approvisionner les écoles en auxiliaires pédagogiques. Il faut seulement leur demander de compléter l'équipement fabriqué en série et fourni par les centres d'équipement ou par le secteur des petites industries.

Quelle que soit la méthode retenue pour la fabrication locale d'auxiliaires pédagogiques, il est indispensable de disposer d'un atelier de prototypes, petit mais bien équipé – au centre d'élaboration des programmes ou dans les écoles normales – où il soit possible de réaliser des modèles et de procéder à des expériences.

Plusieurs pays se sont lancés d'ores et déjà dans la production et la distribution centralisées de matériel éducatif (la figure 1 fournit sur ce sujet quelques détails). Dans certains, la conception et la production des auxiliaires pédagogiques destinés à l'enseignement primaire et à l'enseignement secondaire sont dissociées. Ce système n'est pas recommandé, car il entraîne souvent des doubles emplois du personnel et du matériel de production et/ou des frais généraux excessifs. Beaucoup de pièces ou de composants utilisés dans l'équipement destiné à l'enseignement primaire le sont aussi dans l'équipement destiné à l'enseignement secondaire et supérieur et il faudrait s'efforcer de coordonner la conception et la production des matériels et de l'équipement de tous les niveaux du système d'éducation.

Avant d'entreprendre une production à grande échelle, il faut réaliser une étude de faisabilité, comme cela a été fait aux Philippines en 1972 et, récemment, au Bangladesh. L'étude concernant le Bangladesh est née de l'intérêt porté par la Banque asiatique de développement à l'équipement éducatif. Elle a eu pour résultat l'octroi d'un prêt important au pays pour qu'il crée un grand complexe de conception, de production et de distribution de matériel éducatif. Il importe de noter qu'un système centralisé de production et de distribution de l'équipement risque de ne pas convenir à tous les pays. Dans les sociétés les plus développées et les plus riches, un tel système risque d'être trop lourd et difficile à gérer. La distribution devrait en pareil cas être laissée à des entreprises privées, mais il importe alors, au plus haut point, de disposer au niveau des écoles ou des districts scolaires d'inspecteurs scientifiques très qualifiés qui puissent conseiller les chefs d'établissement sur le choix de l'équipement et signaler les avantages et les inconvénients des différents auxiliaires pédagogiques. Dans certains pays, les utilisateurs d'équipement scientifique scolaire ont créé des organismes ayant pour mission d'examiner et d'évaluer les nouveaux équipements scientifiques et, s'ils les jugent inadéquats ou invendables, de suggérer aux fabricants des modifications et des améliorations. Les utilisateurs adhérant à ces organismes reçoivent des rapports confidentiels concernant la valeur éducative de l'équipement et son adéquation à l'utilisation en classe eu égard à son coût. Ce dispositif est particulièrement utile quand de nouveaux programmes sont mis en place et qu'en conséquence, des équipements nouveaux sont proposés par différents fabricants.

Personnel qualifié

Très rares sont les pays qui ont formé des concepteurs d'équipement scolaire et les moyens de formation spécialisée sont limités. Il est difficile de remédier à ce manque de personnel qualifié si l'on ne développe pas ces moyens. Il ne suffit pas d'organiser des réunions et des séminaires occasionnels. Il faut entreprendre une action plus concrète pour encourager, en tout premier lieu, la coopération internationale et régionale entre les nombreux centres d'équipement éducatif qui fonctionnent déjà, de façon à faciliter les échanges de projets d'équipement et à débattre de tous les problèmes que pose la production d'équipement scolaire. Pour remédier à cette insuffisance et aider les centres à satisfaire leurs besoins en matière de formation, il est impératif de créer des services permanents de formation au niveau régional. Il faut aussi attribuer un rang de priorité élevé à la formation du personnel d'encadrement, car l'expérience a montré que des projets qui paraissaient prometteurs ont échoué faute d'un

encadrement approprié plutôt que du fait de difficultés techniques, comme on a souvent tendance à le croire.

Équipement bon marché

Il n'y a que quelques articles d'équipement que l'on puisse qualifier de « bon marché ». Ils sont fabriqués à partir de matériaux directement fournis par la nature, d'objets de rebut ou d'articles utilisés dans la vie domestique qui peuvent servir de matériel improvisé dans l'enseignement des sciences. Il y a, d'autre part, un certain nombre de moyens de réduire le coût des matériels didactiques et, en tout premier lieu, la conception de matériels susceptibles d'être produits en série en tenant particulièrement compte des matériaux et des méthodes de fabrication. On voit trop souvent des auxiliaires pédagogiques qui, au premier abord, semblent simples et peu coûteux, mais dont on s'aperçoit, après un examen plus approfondi, qu'ils nécessitent la fabrication de plusieurs milliers de pièces et coûtent cher.

Bien que la main-d'œuvre soit relativement bon marché dans beaucoup de pays en développement, les salaires représentent toujours la part la plus importante des coûts de fabrication. Il faut donc accorder une attention particulière au choix des méthodes de fabrication. Il est souvent judicieux d'associer des ingénieurs professionnels à la conception de l'équipement pour garantir l'utilisation optimale des méthodes modernes de production et des matériaux.

Dans tous les cas, lorsqu'un équipement est adopté, il est indispensable de donner aux maîtres une formation intensive en vue de son utilisation, aussi simple soit-il. Il ne suffit pas de concevoir et de fabriquer le matériel, encore faut-il l'utiliser correctement en classe.

Un grand choix de possibilités s'offrent lorsqu'il s'agit de disposer en classe d'un équipement approprié, de l'improvisation d'un appareillage par l'enseignant lui-même à la production en série dans des centres spécialisés. L'article suivant, qui provient d'un centre régional pour l'enseignement des sciences et des mathématiques, montre comment la coopération et la formation régionales peuvent contribuer à donner une place à ces deux formules extrêmes.

Le rôle du Centre régional pour l'enseignement des sciences et des mathématiques (RECSAM) dans la formation et la mise au point de l'équipement scolaire

Chin Ping Seng

Historique

Le Centre régional pour l'enseignement des sciences et des mathématiques (RECSAM) a été créé en mai 1967 à Penang (Malaisie) par l'institution dont il dépend, l'Organisation des ministres de l'éducation de l'Asie du Sud-Est (SEAMEO). Il a pour but principal d'aider les pays membres[1] à améliorer l'enseignement des sciences et des mathématiques, de satisfaire leurs besoins dans le domaine des sciences et leurs besoins de personnel en vue du développement national et régional au cours des décennies à venir. Accueilli par le gouvernement malaisien et bénéficiant de subventions généreuses des États-Unis d'Amérique, il reçoit également une aide financière et technique des pays membres associés[2] et d'autres gouvernements donateurs.

Les principales activités du RECSAM sont axées à la fois sur la formation et sur la mise au point d'équipements. A ce jour, le RECSAM a formé plus de deux mille cadres des pays membres dans divers domaines de l'enseignement des sciences et des mathématiques. Il a mis au point et produit de nombreux manuels, guides et ouvrages de référence pour les enseignants, ainsi qu'un grand nombre d'éléments d'équipement scolaire à bon marché, adaptés aux besoins des pays membres. Tant ce personnel que ces matériels ont exercé au niveau national un puissant effet multiplicateur sur l'amélioration de l'enseignement des sciences et des mathématiques. De plus, le RECSAM a périodiquement organisé des séminaires et des réunions de travail pour mettre en commun les idées et les expériences, ainsi que pour définir de nouvelles orientations en vue de répondre aux nouvelles exigences des pays membres. Une autre fonction importante du RECSAM est de servir de centre d'échange des informations portant sur ces sujets pour l'Asie du Sud-Est. En suivant le cours du RECSAM et en participant à ses réunions de travail et séminaires, les cadres bénéficient des conditions les plus favorables pour comparer leurs systèmes éducatifs, échanger leurs vues et leurs idées sur leurs pratiques pédagogiques, déterminer les domaines où ils se heurtent aux mêmes problèmes, enfin, trouver ensemble des solutions pratiques en mettant en commun leurs talents, leurs expériences et leurs connaissances concernant leur pays.

Le RECSAM et la mise au point d'équipements scolaires

Lors de la création du RECSAM, il lui a été demandé d'agir immédiatement dans deux domaines prioritaires : la formation, au sein de la SEAMEO, de cadres spécialisés dans la mise au point d'équipements et la conception et la production d'équipements scolaires à bon marché destinés à servir de modèles à la production des centres nationaux des pays membres de la SEAMEO. Toutefois, le RECSAM, qui manquait à l'époque de personnel expérimenté, n'a pu commencer à répondre à cette demande qu'en 1972, lorsque s'est tenu le premier cours de formation consacré à la mise au point d'équipements et ont été mis au point les premiers prototypes bon marché.

C'est en 1971 que le RECSAM a commencé à se familiariser avec la mise au point d'équipements, lorsque le gouvernement japonais a mis à sa disposition pendant un an M. Kimio Shindo, de l'Université des sciences de l'éducation de Fukuoka. Lors de son passage au RECSAM, il a dirigé un programme de formation accéléré destiné au personnel du RECSAM sur la mise au point et la production d'équipements, en se servant principalement de matériaux à

1. Les membres actifs de la SEAMEO sont l'Indonésie, la Malaisie, les Philippines, Singapour et la Thaïlande.
2. Les membres associés de la SEAMEO sont actuellement l'Australie, la Nouvelle-Zélande et la France.

bon marché ou de rebuts. On se souviendra en particulier de ses techniques de découpage des bouteilles et de la mousse de polystyrène et de son utilisation astucieuse des matières plastiques pour fabriquer des matériels bon marché.

En 1973 s'est tenue une réunion de travail régionale, ayant pour thème « Production de matériels scolaires à bon marché pour l'enseignement des sciences et des mathématiques dans le primaire », organisée conjointement par le RECSAM et la Fondation allemande pour le développement international (DSE). Les participants ont entendu des rapports des délégués des pays membres de la SEAMEO sur les matériels éducatifs disponibles dans les écoles et leur utilisation effective par les enseignants. Ils se sont efforcés de déterminer les domaines ou existaient des problèmes communs et ont adressé des recommandations aux pays de la SEAMEO afin qu'ils agissent sur le plan national et régional. Sur ce dernier plan, il a été recommandé au RECSAM :

D'établir un programme régional d'équipement comportant des moyens permettant de former du personnel et de concevoir et produire des prototypes de matériels.
D'établir des services de collecte et de diffusion des informations concernant les matériels pour l'enseignement des sciences et des mathématiques.
D'utiliser les programmes multilatéraux ou bilatéraux pour créer des moyens de production.

Il est encourageant de pouvoir dire que le RECSAM a donné suite à toutes ces recommandations avec un succès appréciable. Le RECSAM possède deux ateliers bien équipés qui servent à former du personnel à la mise au point et à l'utilisation de l'équipement ainsi qu'à concevoir et produire des équipements scolaires. A ce jour, plus de cent dix personnes ont été formées et plus de soixante articles d'équipement scolaire à bon marché ont été mis au point. Des spécimens de ces articles sont exposés en permanence au RECSAM à l'intention des éducateurs qui visitent le centre et des participants aux programmes du RECSAM. De plus, le bulletin trimestriel d'information du RECSAM signale régulièrement les idées nouvelles concernant l'équipement scolaire.

Chaque nouvel article d'équipement mis au point fait l'objet d'un rapport technique complet et bien illustré, qui expose notamment les raisons pour lesquelles l'article a été mis au point, les notions importantes et les enseignements qu'il peut servir à inculquer, donne des instructions détaillées à propos de la mise au point et formule des suggestions pour son utilisation efficace comme auxiliaire pédagogique. L'annexe 1, « Modèle d'installation hydroélectrique » fournit un exemple de rapports de ce titre.

Avec ses ressources limitées, le RECSAM ne peut approvisionner individuellement en matériel les écoles et les établissements des pays de la SEAMEO. En revanche, il a fourni des échantillons de matériels et des rapports techniques aux centres nationaux de ces pays, en vue de leur utilisation locale. Ces centres pourraient jouer le rôle de centres d'échange d'informations au niveau national :

En organisant des cours de formation en cours d'emploi, à l'intention des cadres locaux, sur la mise au point d'équipement et, ce, en faisant appel au personnel déjà formé au RECSAM et aux échantillons de matériel scolaire fournis par le RECSAM ;
En diffusant dans les centres provinciaux les idées du RECSAM en matière d'équipement et, ce, notamment en mettant les rapports techniques à la disposition de leurs cadres de façon que des matériels puissent être produits sur place ;
En perfectionnant et en produisant en série l'équipement mis au point par le RECSAM, pour le distribuer aux écoles.

L'annexe 2, « Des idées à l'équipement », donne un schéma qui montre comment une idée d'équipement peut être transformée en réalité concrète et comment le prototype mis au point peut être reproduit par les enseignants et le personnel de laboratoire formé à cet effet ou perfectionné en vue d'une production commerciale en série.

Formation au RECSAM de cadres des pays de la SEAMEO

Depuis 1972, le RECSAM organise chaque année des cours de formation sur la conception et la production d'équipement. Chaque cours dure environ dix semaines. Il est dirigé par un membre du personnel permanent du centre, qui est assisté d'autres membres du personnel du RECSAM et de spécialistes extérieurs. Le programme des cours est établi conformément à un projet approuvé lors du séminaire des administrateurs représentant tous les pays de la SEAMEO. Aussi reflète-t-il fidèlement les souhaits des pays concernés. Il s'agit d'un programme intensif, comme on peut en juger d'après la description détaillée ci-après de l'expérience d'un participant.

Comme prévu, le participant qui vient d'arriver est en général pratiquement dépourvu des aptitudes et de l'expérience nécessaires pour concevoir et mettre au point du matériel scolaire. Pour lui donner les compétences de base qu'exige la construction d'équipement et les autres éléments d'expérience nécessaires, le RECSAM lui fait suivre une formation en atelier pendant les trois premières semaines. Il y étudie notamment les propriétés des matériaux de construction usuels et diverses techniques de construction. Une importance particulière est accordée aux matières plastiques, l'un des matériaux les plus courants non seulement parce qu'elles se prêtent à de multiples applications, mais aussi parce qu'elles sont souvent, et à tort, confondues les unes avec les autres. Le participant apprend à identifier les différents types de matières plastiques et à connaître leurs différentes propriétés, grâce à des expériences en laboratoire. Il apprend également les méthodes de montage, du simple emploi de clous et de vis à celui, plus complexe, de la soudure et des colles fortes à base de résine. A ce stade, il est capable de copier un élément d'équipement scolaire, mais pas encore d'en concevoir un de façon satisfaisante.

Il consacre les deux semaines suivantes à acquérir la maîtrise du dessin technique et à apprendre les principes fondamentaux de la conception et de la production de l'équipement scolaire.

Pour ce qui est du dessin technique, il apprend l'« alphabet des lignes », les types de projection et les techniques de mise à l'échelle et de lettrage. En fait, il doit atteindre un niveau qui lui permette de produire des dessins techniques de matériel qui puissent être publiés. En ce qui concerne les principes fondamentaux, il se familiarise avec les principes suivants.

Critères d'excellence. Ceux-ci sont énoncés et expliqués à l'annexe 3. Ils sont la condition d'une conception et d'une production acceptables de l'équipement, sous réserve des contraintes du coût et de la disponibilité des matériaux. En les ayant présents à l'esprit et en s'y rapportant constamment, chaque participant peut obtenir de meilleurs résultats dans la conception et la production de son équipement scolaire. Il peut aussi les utiliser pour procéder à une évaluation formative de son équipement en cours de fabrication et pour en faire une évaluation d'ensemble après l'avoir terminé.

Étude de faisabilité. Un participant peut émettre une bonne idée. Mais, avant de la mettre à exécution, il doit faire une étude de faisabilité pour s'assurer qu'elle a de bonnes chances de se concrétiser avec succès. L'étude de faisabilité amène à poser les questions suivantes :

Tous les *matériaux* nécessaires sont-ils disponibles ? Leur coût est-il acceptable ?

Tout l'*outillage* nécessaire est-il disponible ? Sinon, est-il possible de l'emprunter ou de l'acheter avec les fonds disponibles ?

Ai-je les *compétences* nécessaires pour mener la fabrication à son terme avec succès ?

Les matériaux sont normalement interchangeables en ce sens qu'un matériau dont on a besoin peut, s'il n'est pas possible de se le procurer, être remplacé par un matériau d'un autre type. Au pire, l'outillage est fonction des fonds disponibles. En revanche, les compétences nécessaires ne peuvent pas s'acquérir du jour au lendemain. Elles ne le peuvent que laborieusement, par un processus de formation « sur le tas ». C'est là qu'intervient le RECSAM.

Dans le cadre du cours, chaque participant doit concevoir et produire un article d'équipement scolaire répondant aux besoins de son pays en matière de programmes. Souvent, cet article se révèle également répondre aux besoins de la plupart des autres pays de la SEAMEO. Le participant doit aussi rédiger un rapport technique complet, accompagné de tous les dessins techniques et de la liste des pièces. De plus, son rapport doit comporter suffisamment d'informations pour se suffire à lui-même, c'est-à-dire permettre à une autre personne, ailleurs et à un autre moment, de reproduire l'équipement sans devoir consulter le concepteur. Il doit aussi indiquer les notions et les enseignements que l'utilisation de l'équipement peut permettre d'inculquer dans le cadre de l'école. Telle est donc la tâche assignée aux participants au cours.

Les cinq semaines restantes sont consacrées à l'exécution de cette tâche. Pour s'assurer que cette tâche répond aux besoins de son pays en matière de programmes, le participant doit formuler un certain nombre d'idées d'équipement en se référant aux programmes d'enseignement des sciences et des mathématiques de son pays. Après avoir soumis chacune d'entre elles à une étude de faisabilité, il choisit celle sur laquelle portera son travail. Son idée est ensuite soumise aux autres participants qui en discutent ensemble afin d'aboutir au meilleur projet. Il entreprend alors la construction de l'équipement sur la base de ce projet. Le plus souvent, des défauts et des erreurs apparaissent lors de l'évaluation formative et de l'évaluation d'ensemble, même si la construction a été fondée sur ce « meilleur projet ». Ces erreurs et défauts sont corrigés grâce aux conseils du personnel

permanent du RECSAM et des spécialistes qu'il invite.

Idéalement, le prototype d'équipement scolaire devrait être testé par le participant avec un groupe d'élèves, mais, malheureusement, les dix semaines que dure le cours ne le permettent pas. Cependant, il est évalué par les autres stagiaires lors de la phase finale.

Les deux ou trois dernières semaines sont normalement consacrées à la rédaction du rapport. Il est jugé éminemment souhaitable que le participant soit capable, à la fin du cours, de rédiger un rapport acceptable, bien présenté et contenant tous les détails nécessaires, car cela peut lui permettre de diffuser ses idées sur le plan national et régional, voire international.

Il faut enfin mentionner les sessions d'approvisionnement. Certaines traitent des rapports présentés par les participants sur leurs pays afin de s'informer mutuellement des programmes d'enseignement des sciences et des mathématiques de leurs pays respectifs, des équipements disponibles et, au niveau individuel, de leurs expériences locales en tant que cadres. D'autres sessions visent à donner aux participants une plus grande maîtrise de la manipulation et de l'utilisation de l'équipement destiné à l'enseignement des sciences et des mathématiques ; d'autres encore ont pour objet de leur donner des compétences en matière d'entretien et de réparation de l'équipement.

Rôle du participant une fois rentré dans son pays

On attend de celui qui a suivi un cours de formation du RECSAM qu'il joue un rôle clé dans l'enseignement des sciences et des mathématiques dans son propre pays. Selon son affectation, il pourra mettre à profit l'expérience acquise à l'occasion du cours en assumant un rôle de dirigeant dans une des fonctions suivantes.

1. En tant qu'enseignant : pour mettre au point des équipements scolaires à bon marché ; donner des conseils en ce qui concerne l'achat commercial d'équipement par l'école ; gérer le stock d'équipement de l'école ; contrôler l'utilisation de l'équipement ; assurer son entretien courant et les petites réparations ; enfin prendre une part active aux activités des clubs de science et de mathématiques de l'école et à l'organisation d'expositions portant sur ces disciplines.
2. En tant qu'inspecteur : pour assurer dans sa région la formation en cours d'emploi des enseignants à la conception et à la production d'équipement, ainsi qu'à son utilisation efficace dans l'enseignement ; mettre sur pied un centre local d'équipement conçu pour prêter du matériel, pendant une courte durée, aux enseignants de la région ; diffuser les nouvelles idées et les informations les plus récentes concernant l'équipement à l'intention des enseignants de la région ; contrôler l'utilisation, par les enseignants de la région, de l'équipement ; fournir des conseils aux enseignants et aux écoles de sa région sur les questions relatives à l'équipement.
3. En tant que professeur d'école normale : pour former les élèves-maîtres à la conception et à la production d'équipement à bon marché ; former aux techniques permettant d'utiliser efficacement l'équipement en classe ; constituer une collection d'articles d'équipement à bon marché destinés à servir de spécimens aux élèves-maîtres afin qu'ils étudient eux-mêmes ces articles et les copient pour leur propre usage.
4. En tant que membre d'une équipe de recherche sur l'équipement : pour conduire les recherches en équipe sur les idées d'équipement ; concrétiser ces idées par la conception, la construction, l'expérimentation et l'évaluation ; rédiger, publier et diffuser des rapports techniques sur l'équipement ; perfectionner les prototypes d'équipement en vue d'une éventuelle production en série ; donner des avis sur les projets de production en série par l'État et/ou des entreprises à but lucratif ; assurer le controle de la qualité de l'équipement produit en série ; enfin, fournir des conseils sur les questions relatives à l'équipement.
5. En tant que membre d'une équipe d'élaboration des programmes d'enseignement : pour donner des avis sur les besoins en équipement dans le cadre de l'élaboration des programmes ; mener à bien la conception et la production de l'équipement nécessaire à l'application des programmes ; apprendre aux personnes chargées d'appliquer les programmes à manipuler et à utiliser l'équipement comme il convient ; enfin, évaluer l'équipement durant la phase d'expérimentation du programme et lui apporter toutes les modifications jugées nécessaires.

Perspectives d'avenir

Actuellement, les ateliers du RECSAM améliorent leurs possibilités grâce à de nouveaux achats d'appareils et de logiciel financés sur un fonds de

100 000 marks, don de la République fédérale d'Allemagne. Ce fonds peut également être utilisé pour former le personnel technique du RECSAM et il est prévu d'envoyer quelques cadres du RECSAM recevoir une formation en République fédérale d'Allemagne. Sur le plan de l'assistance technique, la République fédérale d'Allemagne a aussi mis à la disposition du RECSAM un spécialiste de l'équipement pour une durée de deux ans. Celui-ci a notamment pour mission de veiller à ce que les fonds alloués soient utilisés à bon escient, de former le personnel technique local, de contribuer aux cours de formation, de faire des recherches et de donner des conseils sur les questions relatives à l'équipement scolaire.

En 1979 et 1980, respectivement, deux cadres du RECSAM ont participé à la réunion de travail régionale sur la mise au point d'auxiliaires pédagogiques à bon marché pour l'enseignement des sciences dans le primaire, organisée par l'Institut national pour la recherche en éducation (NIER) à Tokyo. Ils en ont rapporté de nombreuses idées ainsi que d'utiles matériels d'information et de référence.

Le RECSAM est ainsi mieux placé que jamais auparavant pour rendre service aux pays de la SEAMEO. Il faut sans doute s'attendre à une demande croissante de services spéciaux[1] de la part de ces pays dans les domaines de la mise au point d'équipements et de la formation ; il est à espérer que le RECSAM sera en mesure de faire face à cette demande.

1. Le RECSAM fournit des services spéciaux aux pays membres de la SEAMEO sur une base bilatérale et suite à des demandes spécifiques afin d'aider ces pays dans certains domaines ; ces services sont destinés à compléter les efforts nationaux.

Annexe 1 Modèle d'installation hydro-électrique

Introduction

Les multiples utilisations de l'électricité pour satisfaire les besoins de l'humanité ont eu un impact considérable sur le monde. La civilisation moderne subirait un grave recul si l'électricité devenait trop chère à produire. Nous pouvons dès maintenant nous faire une idée de cette éventualité puisque l'augmentation du coût du pétrole importé ébranle déjà les fondations économiques de nombreuses nations.

Face aux fluctuations du prix du pétrole brut et confrontés à un choix nucléaire que ses coûts et ses risques rendent à l'heure actuelle peu engageant, de nombreux pays dotés d'abondantes ressources en eau se tournent vers l'énergie hydraulique comme moyen de produire de l'électricité. L'énergie hydraulique offre le double avantage d'être renouvelable et non polluante. En revanche, l'investissement que requiert la mise en place d'un projet de production d'énergie hydro-électrique est élevé. Non seulement la construction de l'installation et de son barrage exige des travaux de terrassement importants, mais il faut aussi planter de nombreux pylônes dans des terrains plus ou moins accidentés pour transporter l'électricité sur de longues distances jusqu'à ses utilisateurs.

L'énergie hydraulique, si l'on cherche à remonter à son origine, est en fait de l'énergie solaire. La chaleur du soleil fait s'évaporer l'eau de la mer et la transforme en nuages. Ceux-ci tombent en pluie sur les montagnes. L'eau qui se trouve en altitude possède, du fait de la dénivelée par rapport à la mer, une énorme énergie potentielle. A mesure qu'elle s'écoule vers l'aval, son énergie potentielle devient de l'énergie cinétique. C'est cette énergie cinétique qu'on peut domestiquer pour produire de l'électricité. Tous les pays membres de la SEAMEO, à l'exception peut-être de Singapour, ont à la fois une forte pluviosité et un relief montagneux ; aussi sont-ils riches en ressources hydrauliques utilisables pour produire de l'électricité.

Le présent modèle d'installation hydro-électrique de la figure 1 applique les principes qui commandent le fonctionnement d'une centrale hydro-électrique. La principale différence est qu'elle n'est pas mise en place dans un bâtiment qui la protège. Cependant, sa turbine est actionnée par l'eau et peut faire tourner un générateur fixé directement au-dessus d'elle, comme dans une centrale réelle. L'eau, une fois utilisée, retombe librement des pales de la turbine, après avoir fourni une grande partie de son énergie. Le générateur employé est en fait un moteur de jouet fonctionnant à l'envers : aussi n'est-il pas assez puissant pour allumer une ampoule, mais il peut faire dévier l'aiguille d'un milliampèremètre qui lui est raccordé.

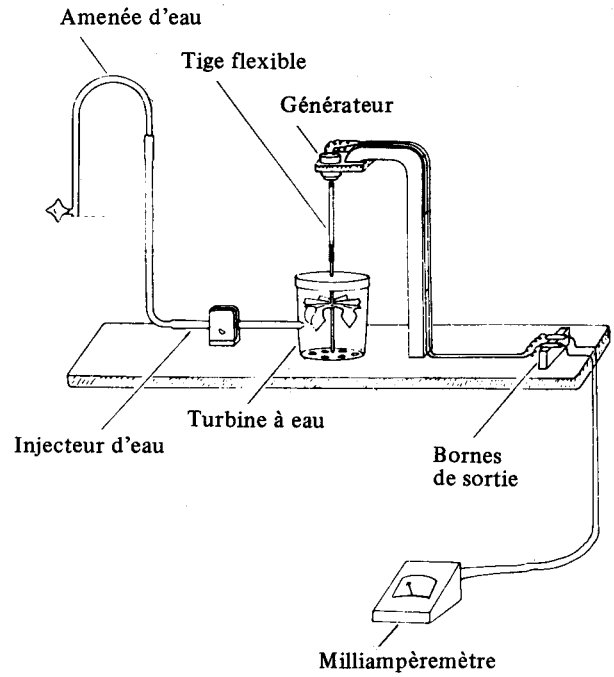


FIG. 1. Modèle d'installation hydro-électrique. [Conçu et réalisé par Oscar A. Rosario, San Carlos City (Philippines), 1974.]

Bien que ce modèle permette d'illustrer les principes de base de la production de l'électricité d'origine hydraulique, il ne saurait donner une image complète d'une centrale hydro-électrique. Aussi l'enseignant doit-il compléter sa démonstration à l'aide d'images et de photographies d'une vraie centrale ou, mieux encore, par la visite d'une usine hydro-électrique.

Notions illustrées

L'eau coule de haut en bas. Par exemple, l'eau coule sur la pente d'une montagne.
L'eau courante a une énergie cinétique. Plus le courant est rapide, plus grande est son énergie cinétique.
L'énergie cinétique de l'eau courante peut faire tourner une turbine à eau.
La turbine à eau peut elle-même faire tourner un générateur électrique pour produire de l'électricité.
L'électricité produite peut être transportée par des fils (dans le cas du modèle, on peut la détecter grâce à un milliampèremètre).
Le processus de production d'électricité au moyen de l'eau courante est appelé production d'énergie hydro-électrique.
La production d'énergie hydro-électrique est un exemple de transformation de l'énergie cinétique en énergie électrique.

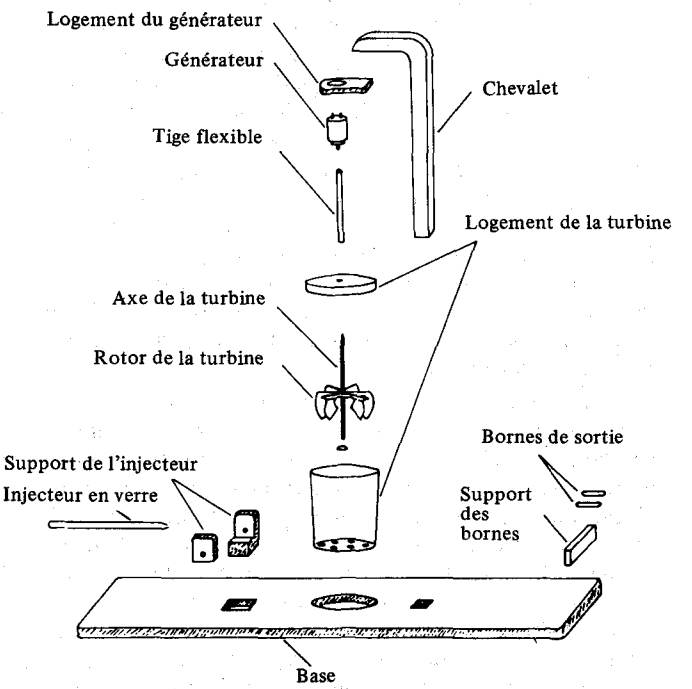
Autres connaissances susceptibles d'être transmises

On peut produire de l'électricité de bien des façons. Mais quatre méthodes seulement sont rentables si l'on cherche à produire de l'électricité en grandes quantités pour des usages domestiques ou industriels ; ce sont celles qui utilisent le charbon, le pétrole, les combustibles nucléaires et l'énergie hydraulique. Cette dernière méthode n'est utilisable que dans les pays dotés d'abondantes ressources en eau, ce qui suppose des précipitations importantes et des montagnes élevées.

Dans un système hydro-électrique, les eaux de pluie sont captées dans un bassin de réception (qui est aussi, généralement, une réserve forestière), puis collectées dans un lac formé par un barrage. L'eau du lac peut alors servir à faire tourner les turbines à eau d'une centrale hydro-électrique, chaque turbine entraînant un générateur. Pour permettre à l'eau d'acquérir une grande vitesse (et par conséquent une grande énergie cinétique), la station élec-

FIG. 2. Conception et construction : liste des pièces et dessin explicatif.

Article	Matériau	Dimensions (en mm)	Quantité
Socle	Bois percé de deux trous	600 × 120 × 20	1
Logement de la turbine	Récipient de matière plastique transparente à couvercle vissé	Hauteur : 90 Diamètre : 80	1
Rotor de la turbine	Feuille de laiton (découpée selon le schéma)	Diamètre : 65 Épaisseur : 0,35	1
Axe de la turbine	Tige de laiton (effilée à un bout)	Longueur : 120 Diamètre : 3	1
Tige flexible	Réservoir d'encre de stylo à bille vide	Longueur adaptée pour permettre l'ajustage	1
Générateur	Moteur de jouet	2,5 volts c.c.	1
Logement du générateur	Contreplaqué (percé d'un trou)	80 × 40 × 40	1
Chevalet	Bois façonné en forme de L	60 × 100 × 10	1
Câbles de transmission	Fil électrique isolé (fil unique)	Longueur : 70	2
Injecteur en verre	Tube de verre (aminé à un bout pour permettre l'injection)	Longueur : 180 Diamètre extérieur : 8 Diamètre intérieur : 5	1
Support de l'injecteur	Bois découpé à la forme du tube (2 pièces)	70 × 40 × 20	1
Bornes de sortie	Feuille de laiton	40 × 10 × 0,35	2
Support des bornes de sortie	Bois	70 × 20 × 10	1



trique est située aussi bas que possible par rapport au barrage. L'eau est amenée du lac jusqu'à la centrale au moyen de tunnels et de conduites en acier (conduites forcées). Après avoir actionné les turbines et perdu une partie de son énergie cinétique, elle continue sa descente vers l'aval, jusqu'à la mer. Le lac, outre qu'il emmagasine l'eau qui sert à produire l'énergie hydro-électrique, contribue aussi à lutter contre les inondations et fournit de l'eau d'irrigation à l'agriculture des plaines situées en aval, ainsi que de l'eau pure pour la consommation domestique et industrielle toute l'année.

L'électricité produite dans une centrale hydro-électrique est transportée sous haute tension par de gros câbles (lignes à haute tension) portés par des piliers d'acier (pylônes). Ces câbles sont isolés des pylônes par des isolateurs de céramique très résistants. Ils transportent l'électricité à travers montagnes, vallées et plaines jusqu'aux stations de distribution des villes et des installations industrielles, où la tension du courant est ramenée à 220 volts (ou à 110 volts, le cas échéant) aux fins de la consommation locale.

Le modèle d'installation hydro-électrique de la figure 2 consiste en une turbine à eau entraînant un générateur électrique. Le tout est monté sur un socle de bois assez long pour être posé au-dessus d'un évier de laboratoire ou d'une bassine. L'amenée d'eau est assurée par le robinet. L'électricité produite est détectée par un milliampèremètre ou un voltmètre.

La turbine à eau est actionnée par un jet d'eau provenant du robinet. Son logement est fait d'un récipient en matière plastique transparente. Six grands trous doivent être percés dans le fond de ce récipient pour permettre l'écoulement de l'eau. Une petite bague en acrylique est collée sur ce fond, au moyen d'une colle forte à base de résine, pour porter l'axe de la turbine. Un petit trou est aussi percé dans le couvercle pour maintenir cet axe en position verticale. Le logement est enfin mis en place dans un grand trou du socle et fixé au moyen d'une colle forte à base de résine. La construction du rotor de la turbine exige du soin. Tout d'abord, les contours du rotor sont tracés sur une feuille de laiton. Puis six grands trous et un petit trou central sont percés dans la feuille. Enfin, le modèle est découpé et plié selon le schéma de la figure 3.

Une fois la turbine à eau fixée sur le socle, un trou latéral est percé dans le logement, à l'aide d'un poinçon préalablement chauffé, à un niveau qui permette à l'injecteur en verre de projeter l'eau sur les pales du rotor. Ce niveau doit être déterminé empiriquement. Le support de l'injecteur est ensuite monté sur le socle et l'injecteur mis en place. Le système de serrage du support de l'injecteur permet de mettre celui-ci en position horizontale.

Le « générateur » utilisé est en fait un moteur de jouet de 2,5 volts c.c., monté pour fonctionner à l'envers. On est contraint d'utiliser un moteur faute de pouvoir se procurer un petit générateur, car il n'en existe pas sur le marché. Aussi le « générateur » employé ici est-il d'une efficacité relativement faible : il produit assez d'électricité pour faire dévier l'aiguille d'un ampèremètre sensible,

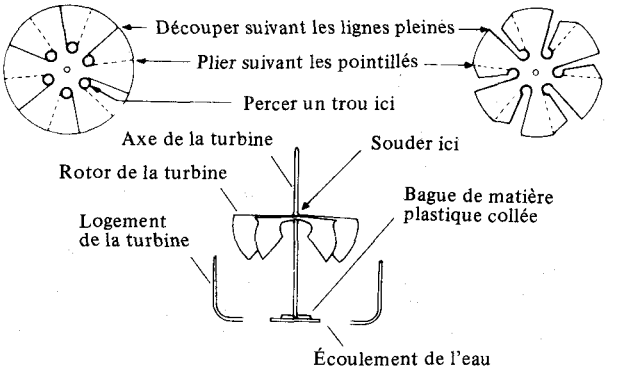


Fig. 3. Montage de la turbine à eau.

mais pas pour allumer une ampoule. Il est monté sur un logement de bois lui-même tenu par un chevalet en forme de L. La transmission de l'énergie entre la turbine hydraulique et le « générateur » est assurée par une tige flexible, pour laquelle on utilise un réservoir d'encre de stylo à bille vide.

Fonctionnement

1. Installer le modèle en travers d'un évier ou d'une bassine.
2. Raccorder le robinet d'amenée d'eau au modèle au moyen d'un tuyau en matière plastique ou en caoutchouc.
3. Raccorder le milliampèremètre ou le voltmètre au modèle réduit par des fils de connexion.
4. Ouvrir le robinet.
5. Observer le mouvement du rotor de la turbine sous l'effet du jet d'eau, l'écoulement de l'eau hors du logement de la turbine et la transmission de l'énergie au générateur par la tige et la production d'électricité, mise en évidence par la déviation de l'aiguille de l'appareil de mesure.
6. Faire varier l'intensité du jet d'eau et observer l'effet résultant sur l'aiguille de l'appareil de mesure.

Précautions à prendre

S'assurer que l'appareil de mesure utilisé est assez sensible pour détecter l'électricité produite.

S'assurer que tous les raccords de tuyaux sont bien étanches.

Ouvrir le robinet précautionneusement.

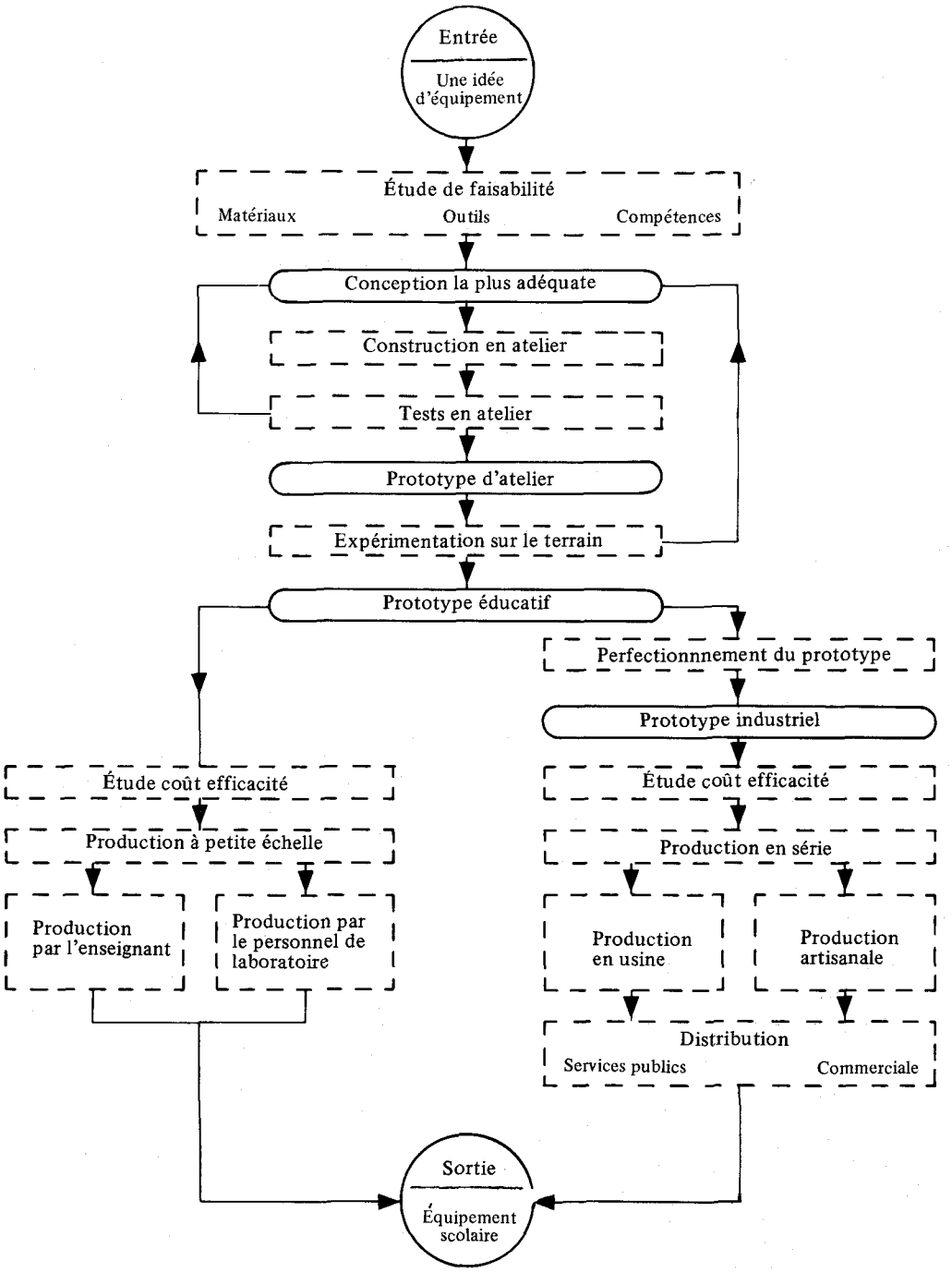
Tenir l'appareil de mesure à l'abri des éclaboussures.

Entretien

Sécher soigneusement le modèle après usage et avant de le ranger.

Huiler un peu le « générateur » avec une huile à mécanisme léger.

Annexe 2 Des idées à l'équipement



Annexe 3 Critères d'excellence applicables à la conception, à la production et à l'évaluation des appareillages scolaires

Le plus souvent, les appareillages[1] conçus et produits localement se révèlent inaptes à résister aux dures contraintes de l'utilisation en classe ou en laboratoire. Ce défaut est imputable dans une large mesure au fait que ceux qui élaborent ces appareillages ne se réfèrent pas à des directives claires en matière de qualité. Les ouvrages sur les appareillages, s'ils apportent des idées utiles, traitent rarement de la question de la qualité de la production.

Eu égard à ce qui précède, le RECSAM, mettant à profit la riche expérience qu'il a acquise au long des années en matière de conception et d'organisation de cours concernant l'élaboration d'appareillages et la formation à leur utilisation, a fini par formuler une série de « critères d'excellence » qui peuvent servir de principes directeurs pour la production d'appareillages de qualité. Ces critères ont été ainsi qualifiés parce qu'ils sont des points essentiels de la conception, de la production et de l'efficacité des appareillages. Ils peuvent aussi servir de critères d'évaluation.

Les critères d'excellence sont, par ordre d'importance, les suivants :

1. *Fonctionnalité.* L'appareillage mis au point doit pouvoir exécuter la tâche qui lui est assignée. En d'autres termes, il doit pouvoir remplir son rôle, qui est de faciliter l'acquisition de notions par les élèves. C'est sans doute là le principal critère de réussite d'un appareillage.

   Un degré élevé de fonctionnalité va de pair avec une conception intelligente. Les idées novatrices doivent être largement sollicitées en vue d'aboutir à la meilleure conception avant que commence la production.

2. *Visibilité du fonctionnement.* L'appareillage mis au point doit permettre une vue claire et complète de ceux de ses éléments qui sont jugés essentiels pour enseigner des notions nouvelles aux élèves. Autrement dit, ses éléments majeurs ne doivent pas être masqués indûment par des éléments opaques d'importance secondaire.

   Une bonne visibilité du fonctionnement suppose une conception minutieuse et un choix judicieux des matériaux. L'emploi judicieux de matériaux transparents, tels le verre et les matières plastiques transparentes[2], est, par exemple, recommandé.

3. *Fiabilité.* L'appareillage mis au point doit pouvoir fonctionner de façon satisfaisante eu égard à trois types de variables (temps, lieu et personne). En d'autres termes, il faut qu'il fonctionne aussi bien après un certain laps de temps, par exemple au bout d'une année, qu'au début, dans des lieux différents (salle de classe, laboratoire ou lieu de démonstration) et quelles que soient les personnes qui s'en servent, telles que des enseignants et/ou des élèves différents.

   Une haute fiabilité exige une conception minutieuse et un choix judicieux des matériaux. L'emploi de matériaux inoxydables, par exemple, pour améliorer la fiabilité.

4. *Durabilité.* L'appareillage doit pouvoir supporter un nombre raisonnable de manipulations brutales auxquelles on peut s'attendre en cas d'utilisation normale par les enseignants et les élèves[3]. Il doit aussi pouvoir supporter une usure normale.

   Une durabilité élevée dépend du choix judicieux des matériaux et de l'emploi de méthodes de construction rationnelles[4]. L'utilisation d'assemblages à mortaises et à tenons plutôt qu'au moyen de clous, par exemple, peut améliorer la durabilité.

5. *Dimensions appropriées.* L'appareillage mis au point doit être de dimensions adéquates. Ces dimensions varient selon qu'il est destiné à être utilisé par l'enseignant, à des fins de démonstration, ou à être utilisé par les élèves. S'il s'agit de matériel de démonstration, il doit être de taille suffisante pour qu'il ne soit besoin que d'une seule démonstration[5]. S'il est en revanche destiné aux élèves, il peut être beaucoup plus petit.

6. *Sécurité.* L'appareillage doit pouvoir être utilisé en toute sécurité, que ce soit par les enseignants ou par les élèves. Aussi ne doit-il comporter ni parties pointues ni bords coupants inutiles. S'il en faut parce qu'il s'agit de parties intégrantes de l'appareillage, on recherchera les moyens de les rendre sans danger[6]. La sécurité de manipulation de l'appareillage est un souci majeur et un devoir pour l'enseignant[7].

7. *Finition.* L'appareillage mis au point doit être agréable à regarder. En d'autres termes, il importe de soigner sa présentation et de veiller à sa finition.

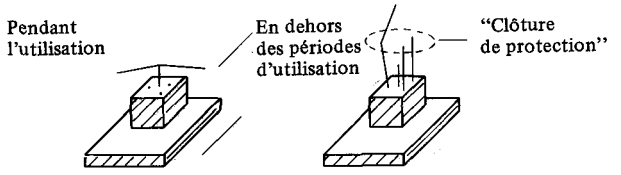
   Une présentation agréable implique une bonne conception, tandis qu'une finition satisfaisante est associée à une construction méticuleuse[8]. Un appareillage bien conçu et bien monté constitue un auxiliaire pédagogique plus efficace.

8. *Facilité d'entretien.* L'appareillage mis au point doit pouvoir être maintenu facilement en bon état de fonctionnement. En d'autres termes, il ne faut pas qu'il requiert d'autres soins qu'un nettoyage et un graissage occasionnels et le remplacement éventuel des pièces usées. Un appareillage qui exige des révisions fréquentes peut alourdir la tâche des enseignants et du personnel de laboratoire. La nécessité de révisions fréquentes affecte également la fonctionnalité, la fiabilité et la durabilité de l'appareillage. La facilité d'entretien requiert une conception minutieuse et l'emploi de méthodes de construction rationnelles.

9. *Portabilité et rangement.* L'appareillage doit être facile à transporter et à ranger. Les enseignants doivent souvent partager les appareillages. Il peut donc parfois être nécessaire de transporter ceux-ci d'une classe ou d'un laboratoire à un autre. Il est possible d'améliorer la portabilité d'un appareillage en le munissant de poignées, ou en le fournissant avec une caisse permettant de le transporter. L'espace est précieux dans les salles de classe comme dans les laboratoires. Un appareillage a besoin de moins de place pour son rangement s'il peut être démonté. Cependant, le démontage doit être évité si la fiabilité et la durabilité de l'appareillage risquent d'en souffrir.

Notes

1. Pour clarifier les choses, on peut diviser les équipements scolaires en « appareillages » et « accessoires », alors que les appareillages sont des équipements conçus et produits pour illustrer des notions, les accessoires sont des éléments isolés de matériel de laboratoire. Le modèle d'installation hydro-électrique de l'annexe 1 offre un exemple d'appareillage. Constituent par exemple des accessoires les becs Bunsen, étuves, balances, supports de cornue, chargeurs de batterie, accumulateurs, ustensiles en verre, etc. Les critères d'excellence mentionnés ici s'appliquent aux appareillages.
2. Remarquer l'utilisation d'un récipient en matière plastique transparente comme logement de la turbine dans le modèle d'installation hydro-électrique de l'annexe 1. Cela permet d'observer l'effet du jet d'eau sur les pales du rotor, qui se met à tourner.
3. A ce niveau, la durabilité est acceptable pour des raisons pratiques, mais ne saurait garantir l'appareillage contre les dommages ou la destruction imputables à une manipulation pratique sans aucune précaution ou à une chute accidentelle.
4. Il peut arriver que les exigences de durabilité et de visibilité du fonctionnement se révèlent contradictoires au moment du choix des matériaux à utiliser. Les matériaux robustes sont rarement transparents. En cas de conflit de ce genre, c'est la visibilité du fonctionnement qui doit être préférée, car le rôle de l'appareillage est de faciliter le processus d'enseignement/apprentissage.
5. Ou au maximum deux démonstrations, pour une classe répartie en deux groupes, s'il a fallu limiter les dimensions de l'appareillage pour faciliter sa manipulation, son transport et son rangement.
6. La boussole de table mise au point au RECSAM offre un exemple de dispositif de sécurité intégré à un appareillage qui comporte nécessairement une partie pointue. Pendant l'utilisation de l'appareillage, l'aiguille aimantée repose sur un pivot très pointu. En dehors des périodes d'utilisation le pivot est protégé par l'aiguille. Le pivot, l'aiguille et les deux tiges aimantées sont fabriqués à partir de rayons de roue de bicyclette.



7. Certains appareillages peuvent nécessiter en outre l'emploi de becs Bunsen ou d'électricité à haute tension. Ces appareillages doivent comporter un dispositif de sécurité incorporé et il y a lieu d'avertir l'enseignant qui les utilise afin qu'il prenne toutes les précautions nécessaires pour éliminer les risques.
8. L'appareillage doit être poli, peint et/ou verni comme il convient.

Les cours mis en place par le RECSAM offrent un exemple d'activité régionale aux niveaux appropriés, à savoir ceux des enseignants et des professeurs d'écoles normales, activité étendue à la conception et à la mise au point d'équipements en vue de leur production. Tout pays doit, à un moment ou un autre, décider des mesures nécessaires pour améliorer ses moyens d'enseignement. Ces mesures doivent naturellement cor-

respondre aux critères nationaux, aux conditions locales et aux moyens financiers alloués à l'éducation. Dans tous les pays, il y aura toujours plus d'écoles primaires que d'écoles secondaires. Si l'enseignement primaire est considéré comme le point de départ de l'enseignement des sciences et de la technologie, la recherche des moyens les plus efficaces de fournir des appareillages pour les activités centrées sur l'enfant revêt une importance capitale[1].

K. Warren (dans son article de la première partie du présent ouvrage) a signalé l'approche qui consiste à utiliser les activités locales et la collectivité locale pour produire des appareillages. Certes, là où il y a beaucoup d'enfants d'âge scolaire, aucun centre ne saurait espérer fournir des équipements scolaires qui satisfassent tous les besoins. En Inde, par exemple, où l'enseignement primaire nécessite quelque 500 000 écoles, une unité de production capable de fabriquer 8 000 jeux de matériel par an pour les écoles primaires aurait besoin de 62,5 années pour fournir un jeu à chaque école, s'il n'y avait pas de décentralisation.

L'un des premiers centres d'équipement scolaire à être créé s'efforce actuellement de répondre aux besoins des écoles primaires qu'il dessert, cependant qu'il doit produire des équipements pour les autres niveaux de l'enseignement. L'article ci-après, qui provient du Pakistan, explique la nécessité dans laquelle se trouve ce pays de renforcer son centre d'équipement pour répondre aux besoins futurs dans ce domaine.

1. Le lecteur se reportera à l'ouvrage de l'Unesco, *Tendances nouvelles de l'enseignement des sciences à l'école primaire, op. cit.*

Le Centre national de matériel éducatif au Pakistan[1]

Muhammad Popalzai

Introduction

Au moment de l'accession à l'indépendance, les ressources scolaires du pays étaient maigres. Les établissements hérités du régime précédent étaient presque tous sous-équipés et en nombre à peine suffisant pour les besoins du Pakistan. Mais, surtout, l'enseignement dispensé n'était pas du niveau de celui des pays développés, notamment dans le domaine des sciences et de la technologie.

Comme d'autres aspects de la société, les méthodes d'enseignement ont subi au cours des cinq dernières années des transformations phénoménales. D'un enseignement de type livresque, on est passé à une pédagogie plus concrète, demandant un important matériel. Pour l'enseignement des sciences, on a de plus en plus recours, en classe, au laboratoire et à l'atelier, à des démonstrations et travaux pratiques qui exigent l'utilisation de modèles, d'appareils et d'instruments divers.

Il fallait donc non seulement améliorer l'équipement scolaire du pays, mais mettre au point d'urgence un type d'enseignement propre à favoriser la croissance et le développement national. Si l'on examine l'évolution de la situation scolaire depuis l'indépendance, on s'aperçoit qu'il y a eu en données brutes une amélioration sensible pendant les vingt premières années, mais que, pour voir apparaître un enseignement bien adapté, moderne et productif, il a fallu attendre le début du deuxième plan (1960-1965). C'est pendant cette période que s'est fait sentir la nécessité d'améliorer les programmes pour faire place aux idées nouvelles.

Disposer d'une quantité suffisante d'auxiliaires pédagogiques et de matériel éducatif, telle était la condition essentielle d'un enseignement plus objectif et plus concret. Le pays s'était déjà doté d'une industrie mécanique capable de produire presque tout le matériel scientifique et les pièces de rechange, à l'exception de certains éléments complexes utilisés dans l'enseignement et la recherche de haut niveau. Si les choses évoluaient lentement, c'était dû non pas à l'insuffisance des installations matérielles ou du savoir-faire technique, mais à ce que les divers articles à produire ne faisaient l'objet que d'une demande restreinte.

Création du centre

Le Centre national de matériel éducatif (NEEC) a été créé à Lahore en 1964 sous les auspices communs du gouvernement alors en place au Pakistan-Occidental et de la Fondation Ford. Il avait pour objet d'organiser de manière satisfaisante la production du matériel scientifique. Ses fonctions comprenaient l'étude et la mise au point de prototypes d'appareils scientifiques pour les deux cycles de l'enseignement secondaire et le développement de leur production dans le pays même. Le centre devait avoir avant tout un rôle créateur ; son infrastructure comprenait un petit atelier (de mécanique, d'électronique et de verrerie) équipé de machines modernes, des laboratoires de contrôle de qualité pourvus de matériel d'essais perfectionné, un bureau d'études et de dessin industriel et des services auxiliaires.

Production de matériel par l'industrie locale

L'industrie locale qui fabrique le matériel et les appareils destinés aux écoles est en fait une industrie de type artisanal, dont la production fluctue selon la demande. La propriété et la gestion des entreprises sont généralement aux mains d'artisans qui ont hérité de leurs ancêtres l'affaire familiale. Ces gens sont parfois illettrés ou n'ont qu'un niveau d'instruction élémentaire, encore que la nouvelle généra-

1. Le présent article est fondé sur une étude de cas relative au développement de la production de matériel d'enseignement scientifique au Pakistan, due à M. Popalzai, directeur du centre. Cette étude de cas a servi de référence lors de la réunion.

tion soit plus instruite, même si elle n'a pas reçu une véritable formation professionnelle. Ils sont capables de reproduire les pièces les plus compliquées, mais hésitent généralement à entreprendre un travail créateur, pour lequel ils ont besoin d'être guidés. Ils se servent le plus souvent d'outils à main et de quelques machines telles que des tours, des perceuses, des étaux-limeurs, etc.

Il ressort d'une enquête que la fabrication est concentrée dans la région de Lahore, qui est le principal marché du matériel d'enseignement et de laboratoire du pays. Dans le reste du pays on trouve quelques fabricants d'articles en métal, parfaitement à même de produire certains matériels, mais qui, faute de commandes suffisantes, n'ont pas de plan de production permanent.

On trouve aussi d'autres entreprises qui assurent des opérations limitées de fabrication et de montage, mais il s'agit surtout de fournisseurs de matériel local ou d'importation. Ils sont en contact étroit avec les établissements d'enseignement et d'autres usagers. Certains se chargent également des réparations.

A l'exception de la verrerie de qualité, du matériel électronique et de certains instruments d'optique complexes, tels que les microscopes, certains articles continuent à être reproduits de façon satisfaisante par les fabricants du pays ; mais, en général, ces appareils de fabrication locale sont de qualité médiocre et durent moins que les articles équivalents d'importation. Quant à l'adéquation quantitative aux besoins, il est impossible d'évaluer la capacité des fabricants locaux même s'ils se disent en mesure d'adapter à tout moment leur production à la demande nationale.

La politique d'éducation nationale

Un des grands objectifs de la politique éducative est d'élaborer des programmes en rapport avec les nouveaux besoins socio-économiques de la nation. Cet objectif ne pourra être atteint si les établissements d'enseignement secondaire et postsecondaire restent tributaires du matériel d'importation, tant à cause de la pénurie de devises qu'en raison de l'énorme quantité de matériel requise. On estime qu'il y avait en 1981 : 70 000 écoles primaires ; 7 000 écoles « moyennes » (élèves de 11 à 13 ans) ; 4 400 écoles secondaires (élèves de 13 à 15 ans) ; 500 « collèges intermédiaires » (élèves de 15 à 17 ans).

La politique éducative tend donc à accroître la production nationale de matériel d'étude et d'enseignement pour répondre aux besoins des nouveaux programmes scolaires et d'améliorer la qualité de ces auxiliaires pédagogiques en renforçant le NEEC et en créant d'autres centres analogues en province.

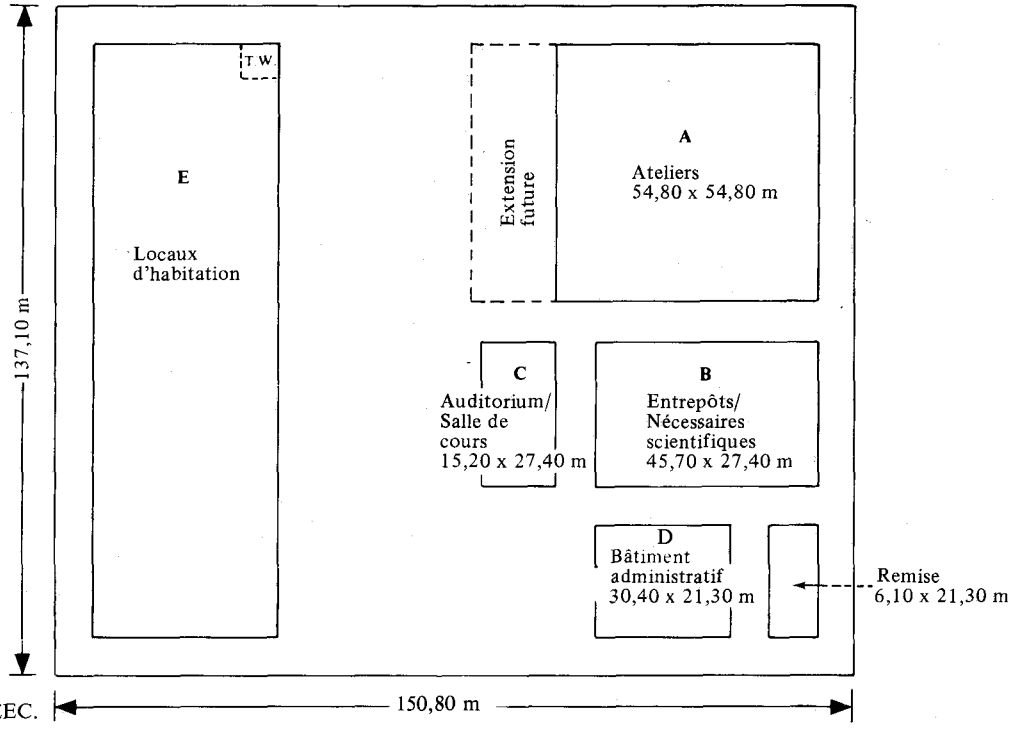


FIG. 1. Plan général du NEEC.

Expansion du NEEC

Le centre a pour fonction de favoriser la modernisation des programmes scolaires nationaux en fournissant du matériel éducatif. Ses objectifs immédiats sont les suivants :

Introduire, au moyen de prototypes, de nouveaux modèles d'appareils scientifiques et de verrerie de laboratoire dans les établissements d'enseignement secondaire et postsecondaire.

Concevoir et établir des plans et des notices pour la production en série d'appareils scientifiques.

Fournir aux fabricants des services de conseil, d'étude et de formation et améliorer leur savoir-faire.

Tenir à jour des listes de matériel et d'appareils correspondant aux nouveaux programmes et plans d'études, avec leurs caractéristiques.

Assurer les essais, la normalisation et la certification des appareils et instruments préalablement à leur production industrielle en série.

Apprendre aux professeurs non seulement à utiliser le matériel, mais aussi à l'entretenir et à le réparer.

Pour atteindre ces objectifs, de nouvelles installations sont prévues. Elles comprendront :

1. Un atelier de mécanique capable de produire, en quantité limitée : *a)* les pièces nécessaires au montage d'un appareil complet ; *b)* des modèles, pour la production ou l'utilisation sous contrat ; *c)* des outils, gabarits et accessoires fixes pour les autres ateliers ; *d)* des outils, gabarits, accessoires fixes, matrices, moules, etc., pour l'industrie locale.
2. Un atelier de tôlerie pour répondre aux besoins en tôles de fer, de cuivre, de laiton, de bronze, de zinc et d'aluminium ; en outre, cet atelier : *a)* produira des parties, éléments et pièces de matériel éducatif pour les autres ateliers ; *b)* favorisera l'approvisionnement des ateliers en outils, matrices, gabarits, accessoires fixes, etc. ; *c)* favorisera la production d'outils, de matrices, de gabarits, d'accessoires fixes, etc., pour l'industrie locale.
3. Un magasin pour entreposer les outils destinés aux ateliers, leur délivrer ceux dont ils ont besoin et en assurer l'entretien.
4. Un atelier de fabrication d'objets ou matière plastique pour produire des articles de matériel éducatif complets ; des parties et éléments de matériel éducatif, des modèles destinés aux ateliers et à l'utilisation sous contrat, des outils, gabarits, accessoires fixes, etc., pour tous les ateliers ; des outils, gabarits, accessoires fixes, etc., pour l'industrie locale et des pièces détachées pour les réparateurs.
5. Une section d'optique et de soufflage de verre

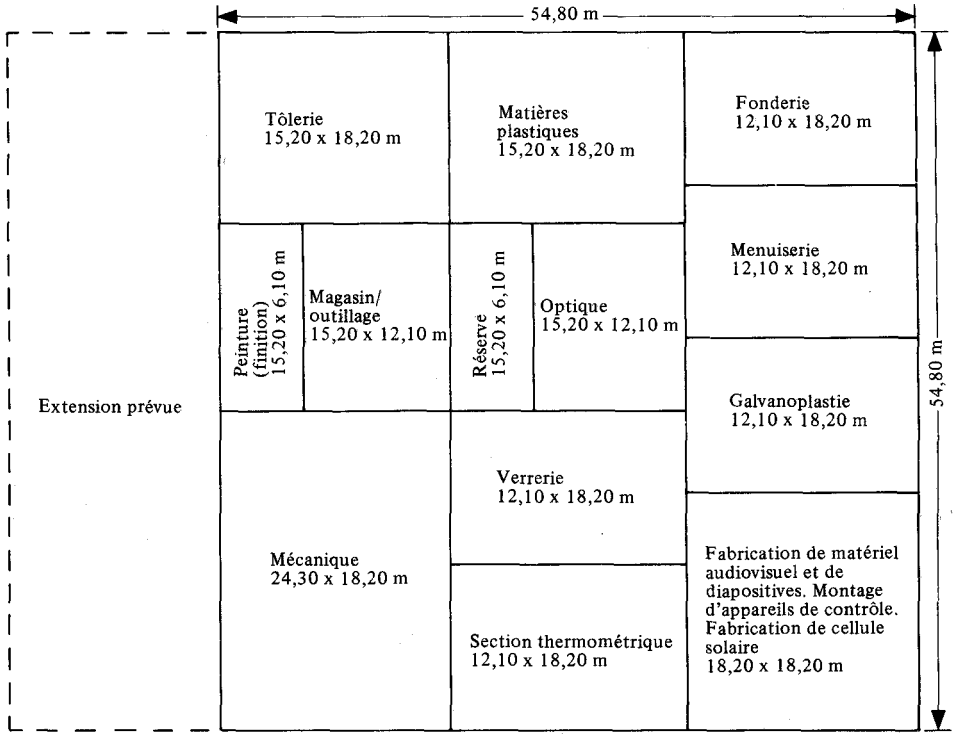


FIG. 2. Ateliers du NEEC (partie A de la fig. 1).

qui produira, en quantité limitée, de la verrerie de laboratoire, de la plus simple à la plus perfectionnée ; des pièces détachées pour appareils d'optique et de mécanique optique et des modèles pour la production ou pour l'utilisation sous contrat.

6. Une section thermométrique qui fabriquera différents types de thermomètre, par exemple des thermomètres à alcool et des thermomètres médicaux.
7. Une fonderie qui fournira aux autres ateliers des moulages de petites pièces métalliques ou de pièces de taille moyenne, destinées à la fabrication d'éléments de matériel éducatif et d'outils, accessoires fixes, etc., nécessaires à d'autres ateliers ou à des entreprises locales travaillant sous contrat.
8. Un atelier de menuiserie qui appliquera les techniques du bois, des fibres, des résines phénoliques, du plastique, pour produire en quantité limitée les éléments nécessaires à la fabrication de pièces d'assemblage de matériel éducatif, les modèles nécessaires à la production directe et sous contrat et des modèles de moulage, etc.
9. Un atelier de galvanoplastie, qui assurera le finissage de surface de matériel éducatif et l'application à ce matériel d'un revêtement protecteur, le surfaçage des outils, matrices et moules destinés aux autres ateliers et l'industrie locale et le resurfaçage et le refinissage de parties d'appareils, après réparation de ceux-ci.
10. Un atelier de peinture et de finition qui fournira ses services à tous les ateliers pour la finition du matériel éducatif et des différents éléments le composant.

En plus de ces ateliers, le centre agrandira ses installations : *a)* en se dotant d'une nouvelle salle de cours (auditorium) ; *b)* en agrandissant sa bibliothèque ; *c)* en développant, au sein du service de contrôle de la qualité, les sections des achats et de l'inspection ; *d)* en installant un entrepôt pour la réception des matériaux et l'expédition des produits finis (nécessaires scientifiques) ; *e)* en développant les bureaux d'étude, les laboratoires et les services administratifs.

Les nouvelles installations occuperont plus de 7 000 mètres carrés. Comme la surface actuellement disponible ne peut être augmentée, on cherche d'autres emplacements. Les figures 1 à 7 ci-après indiquent le plan des nouvelles constructions prévues et la structure organique des futurs agrandissements.

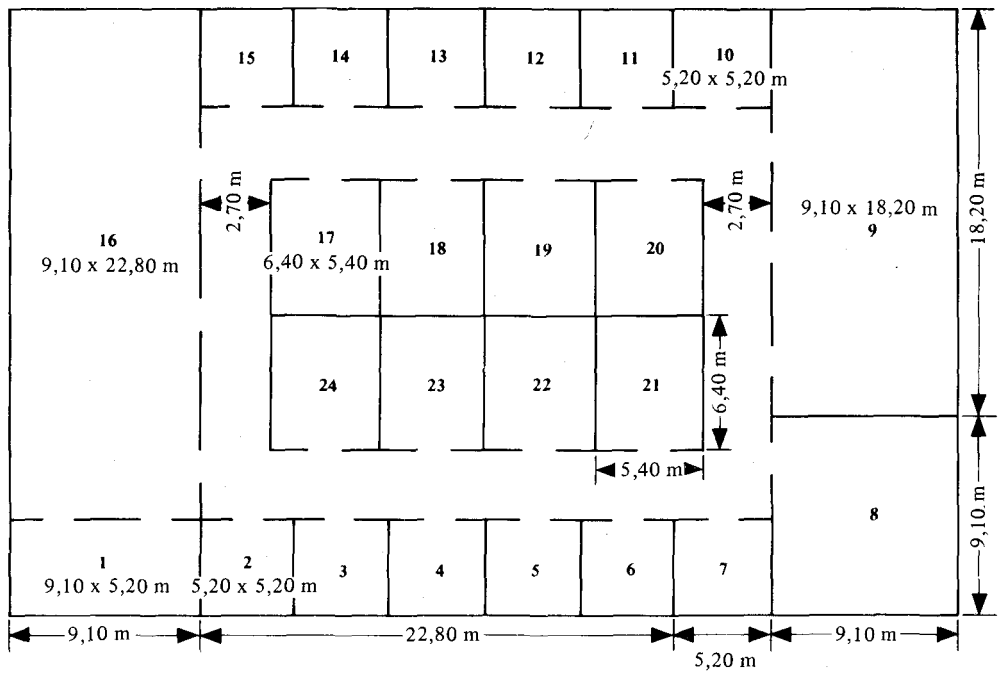


FIG. 3. Entrepôts/nécessaires scientifiques (partie B de la fig. 1).

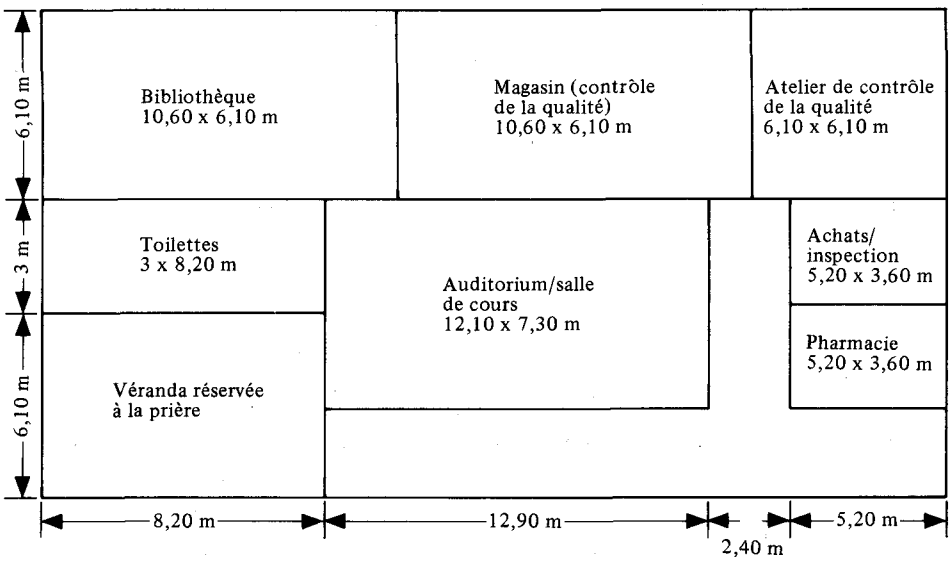


FIG. 4. Auditorium/salle de cours (partie C de la fig. 1).

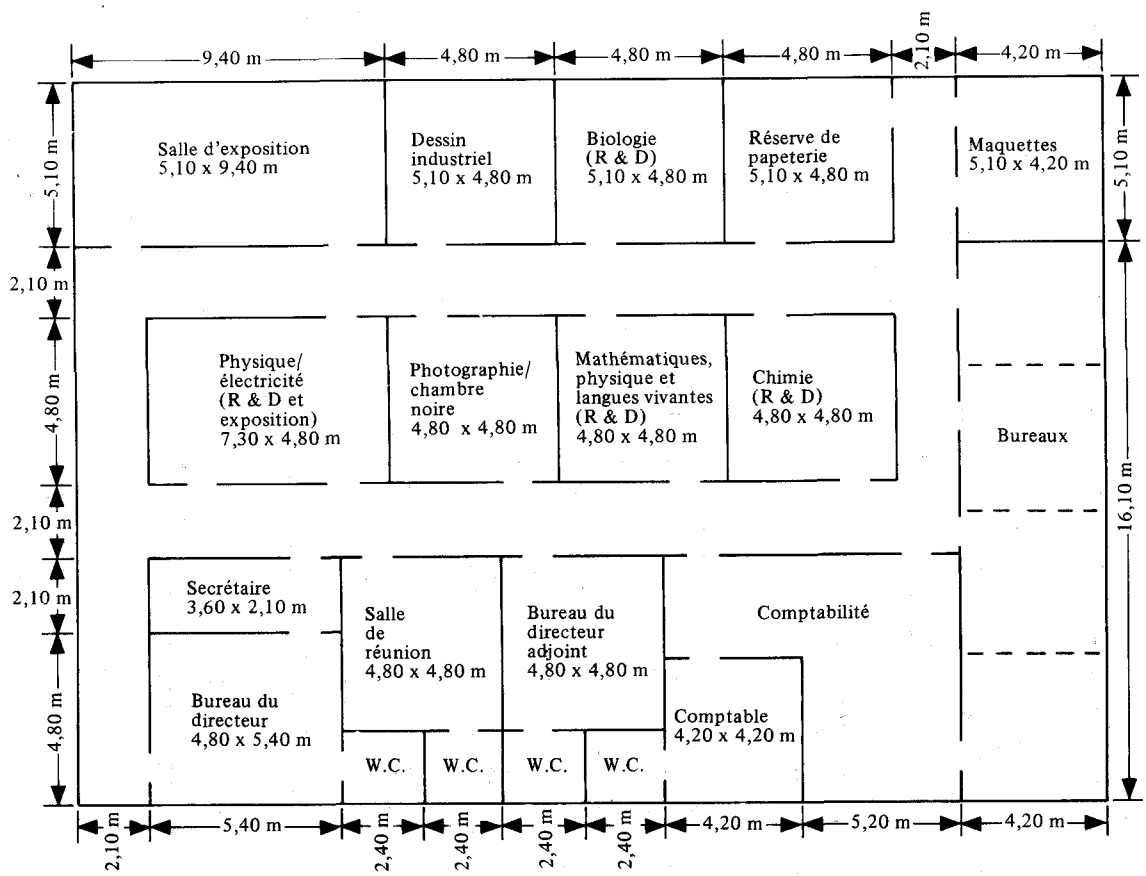


FIG. 5. Bâtiment administratif (partie D de la fig. 1).

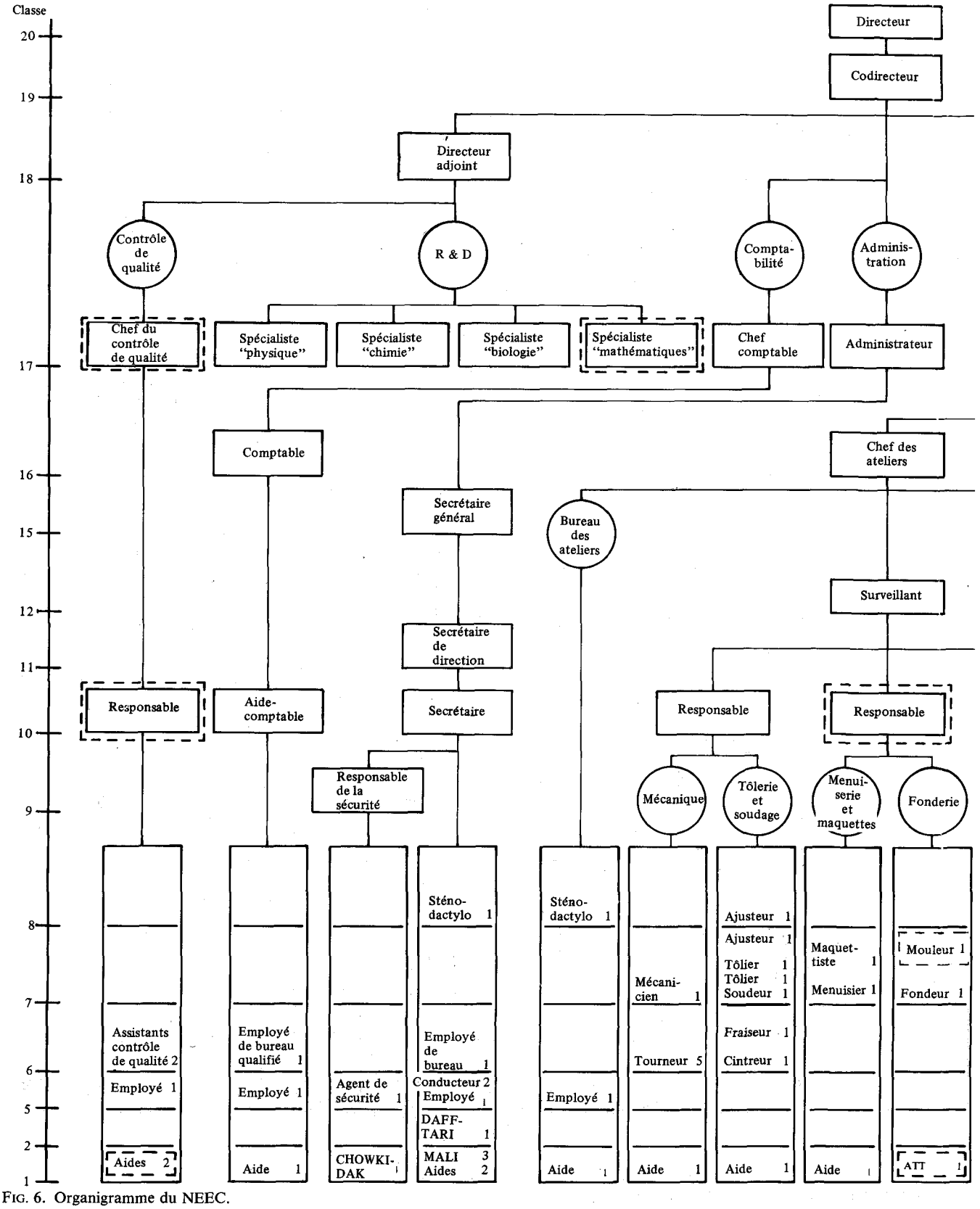
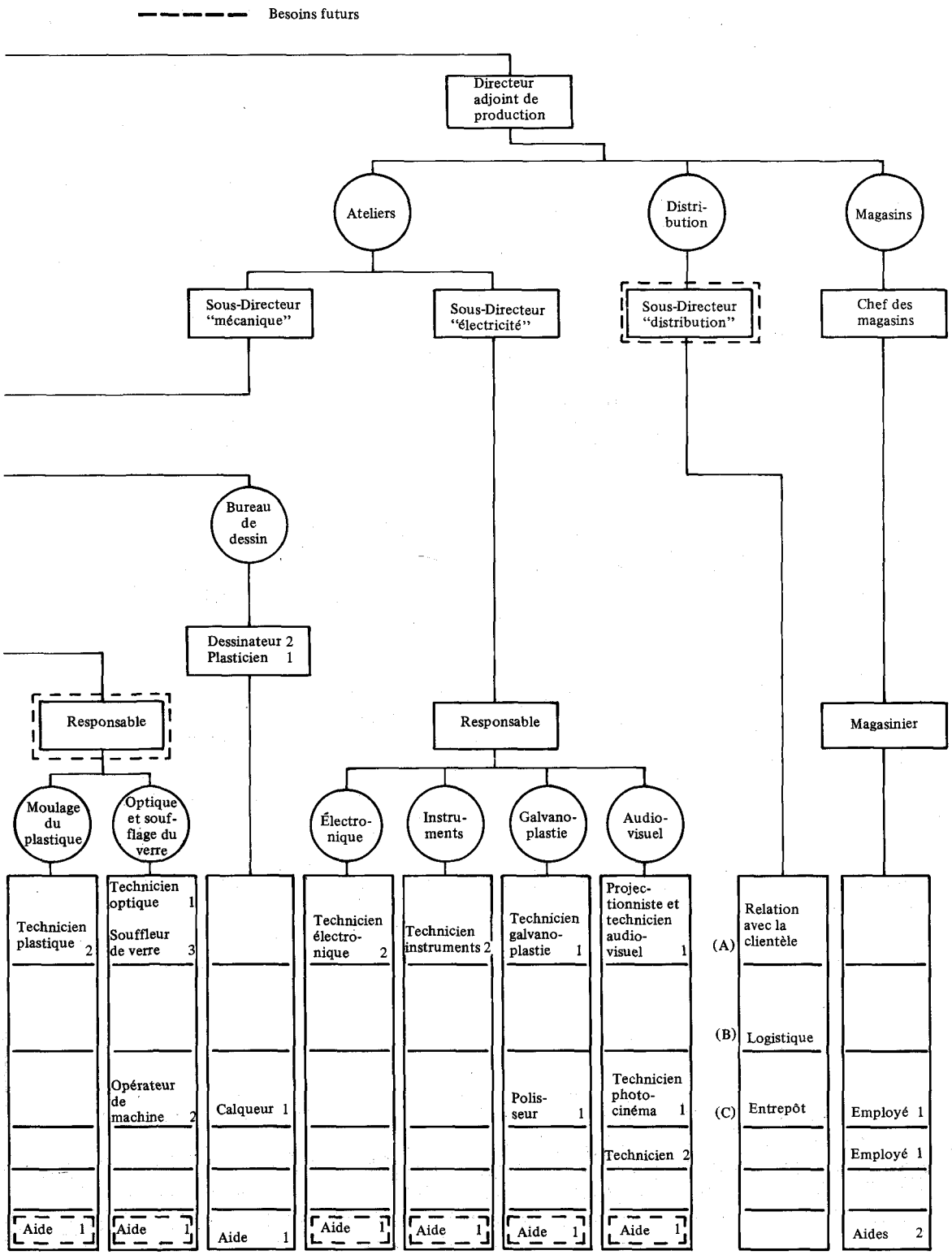


FIG. 6. Organigramme du NEEC.


Besoins futurs
Directeur adjoint de production
Ateliers
Distribution
Magasins
Sous-Directeur "mécanique"
Sous-Directeur "électricité"
Sous-Directeur "distribution"
Chef des magasins
Bureau de dessin
Dessinateur 2
Plasticien 1
Responsable
Responsable
Magasinier
Moulage du plastique
Optique et soufflage du verre
Électronique
Instruments
Galvanoplastie
Audiovisuel
Technicien plastique 2
Technicien optique 1
Souffleur de verre 3
Opérateur de machine 2
Calqueur 1
Technicien électronique 2
Technicien instruments 2
Technicien galvanoplastie 1
Polisseur 1
Projectionniste et technicien audiovisuel 1
Technicien photocinéma 1
Technicien 2
(A) Relation avec la clientèle
(B) Logistique
(C) Entrepôt
Employé 1
Employé 1
Aides 2
Aide 1
Aide 1
Aide 1
Aide 1
Aide 1
Aide 1
Aide 1

Conclusion

L'expérience acquise depuis la création du Centre national de matériel éducatif (NEEC) a montré qu'en produisant lui-même du matériel et en apportant un appui concret aux entreprises locales, le centre répondait à un besoin réel : s'efforcer de fournir au système scolaire, à l'aide des seules ressources nationales, la plus grande partie du matériel et des appareils dont il a besoin.

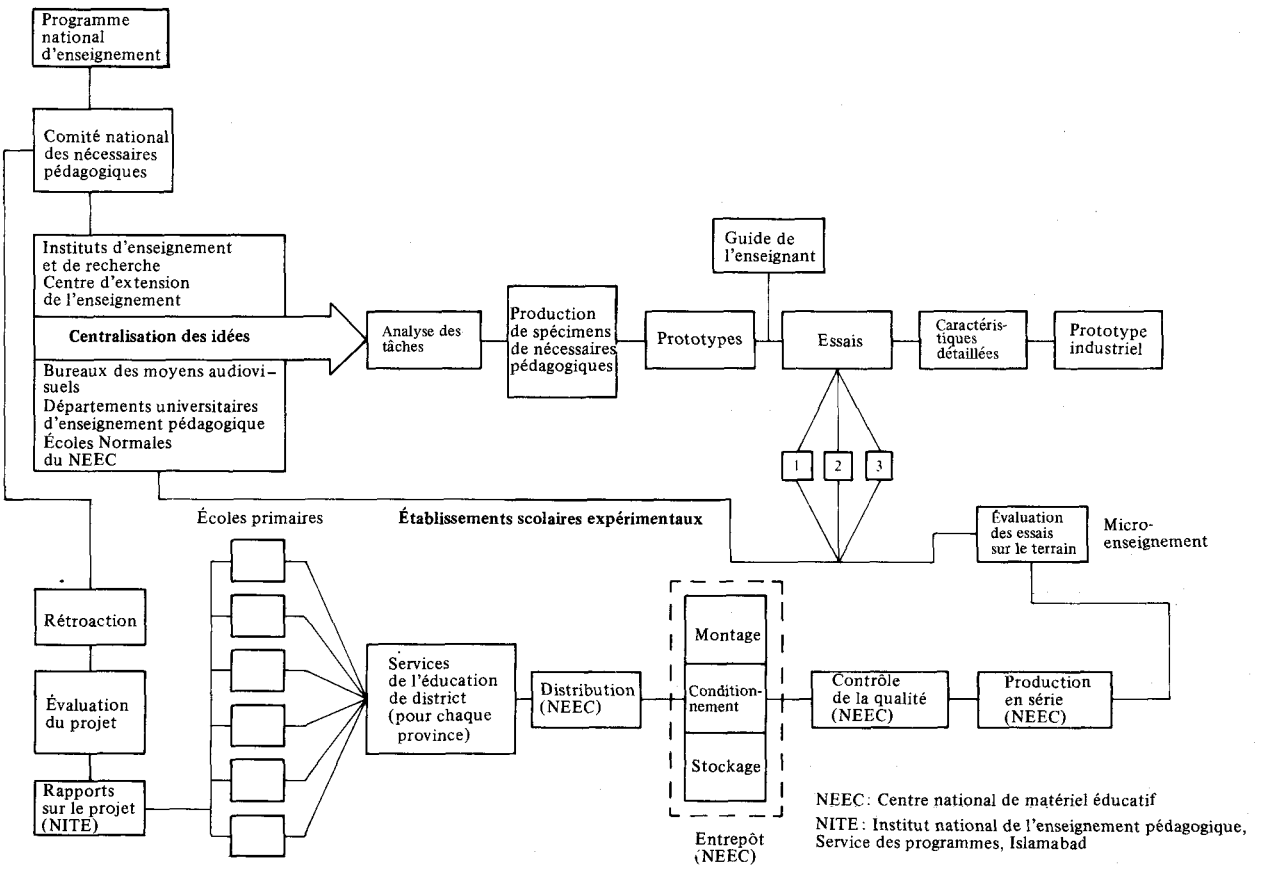


FIG. 7. Ordinogramme de la conception, la mise au point, la production en série et la distribution des nécessaires de matériel pédagogique dans le système éducatif national pakistanais.

L'exemple pakistanais est celui d'un centre national de matériel pédagogique conçu d'emblée comme tel et bénéficiant au départ d'une aide étrangère.

Un certain nombre de centres analogues ont vu le jour grâce à une aide internationale ou bilatérale. Il arrive aussi, dans ces centres, qu'une activité, de portée limitée, au départ, se transforme en une véritable entreprise pour faire face à une charge de travail plus lourde et à une demande de matériel incompatible avec l'objet de l'opération initiale. L'étude qui suit retrace l'évolution d'un centre kényen né de l'activité d'une école normale scientifique.

L'évolution de la production de matériel scolaire au Kenya

Emil Bengtsson[1]

Raison d'être et objectifs

Le Kenya est devenu indépendant en 1963. En 1964, l'effectif total de l'enseignement secondaire était d'environ 36 000 élèves. En 1974, dix ans plus tard, ce chiffre avait quintuplé et atteignait 185 000. Cette expansion a créé de nombreux problèmes, en particulier dans l'enseignement des sciences, problèmes qu'on peut résumer ainsi : manque de professeurs de sciences qualifiés ; insuffisance des installations destinées à l'enseignement des sciences ; manque de matériel scientifique adapté.

Le manque d'enseignants compétents a été en partie pallié grâce à un accord signé en 1965 entre les gouvernements kényen et suédois, en vertu duquel une école normale scientifique, le Kenya Science Teachers' College (KSTC) a été construit à Nairobi. Cet établissement a ouvert ses portes en mars 1968. Au début, le personnel était suédois ; un vaste programme de contrepartie financé par la Suède a permis de remplacer progressivement le personnel suédois par du personnel local et, en 1978, le personnel était entièrement kényen.

L'accord intergouvernemental prévoyait la mise en place d'installations où l'on produirait du matériel d'enseignement scientifique. Un petit atelier a, dans l'école, été réservé à cet effet. Mais son activité a été limitée par le manque de capitaux, de matériel et de personnel. De plus, l'atelier servait aussi bien à l'enseignement qu'à la production, ce qui ne facilitait pas les choses. Le problème a été partiellement résolu lorsque, en 1970, a été terminé un nouvel atelier de production de quelque 400 mètres carrés.

C'était un progrès par rapport à la situation précédente, mais on continuait à manquer de capitaux et de personnel. En 1973, le nouvel atelier a dû être fermé et son personnel a été muté à d'autres postes à l'intérieur de l'école.

1. Ancien directeur général de l'Unité.

En 1974, l'Agence suédoise pour le développement international (SIDA) a engagé un consultant et l'atelier a été rouvert. Pendant six mois, il a été procédé à une enquête préalable à la conclusion d'un nouvel accord et, en 1975, le consultant est revenu au Kenya en qualité d'expert officiel de la SIDA. Il y est resté jusqu'en 1979.

Les gouvernements kényen et suédois ont signé le 18 juin 1975 un nouvel accord de production de matériel scientifique, dont les clauses financières sont exposées plus loin.

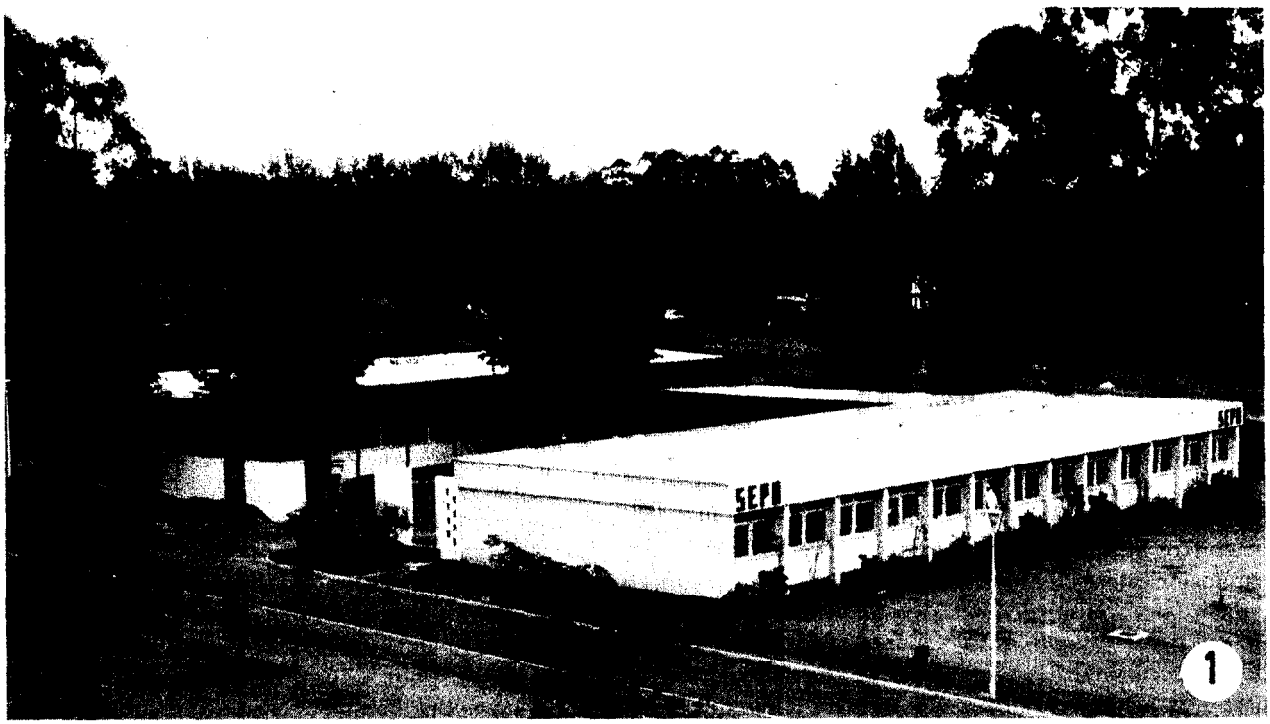
Il est dit dans l'introduction de ce document que : « Aux termes de l'accord relatif à l'École normale scientifique du Kenya signé en 1965 par le Kenya et la Suède, cette dernière devait aussi financer la fabrication locale d'auxiliaires pédagogiques destinés principalement à l'enseignement des sciences axactes et naturelles dans les établissements du second degré. Les travaux préparatoires, commencés en 1967, en sont arrivés à un stade où l'unité de production de matériel scolaire (SEPU) issue de l'unité de production de l'École normale scientifique du Kenya devrait se détacher de celle-ci. L'unité commencera par produire des nécessaires scientifiques et, par la suite, divers autres matériels scientifiques, ainsi que du matériel scolaire destiné à d'autres matières et d'autres niveaux. »

Les principaux articles de l'accord sont les suivants :

L'unité de production de matériel scolaire (SEPU) doit se constituer en petite entreprise industrielle de production d'auxiliaires pédagogiques.

L'unité de production doit être gérée sur la base de l'autofinancement, de façon à pouvoir concurrencer les autres entreprises vendant des auxiliaires pédagogiques sur le marché local.

L'unité de production desservira pour commencer les 950 établissements d'enseignement secondaire existants.



Bâtiments de l'unité de production de matériel scolaire (SEPU), N'Gong Road, Nairobi.

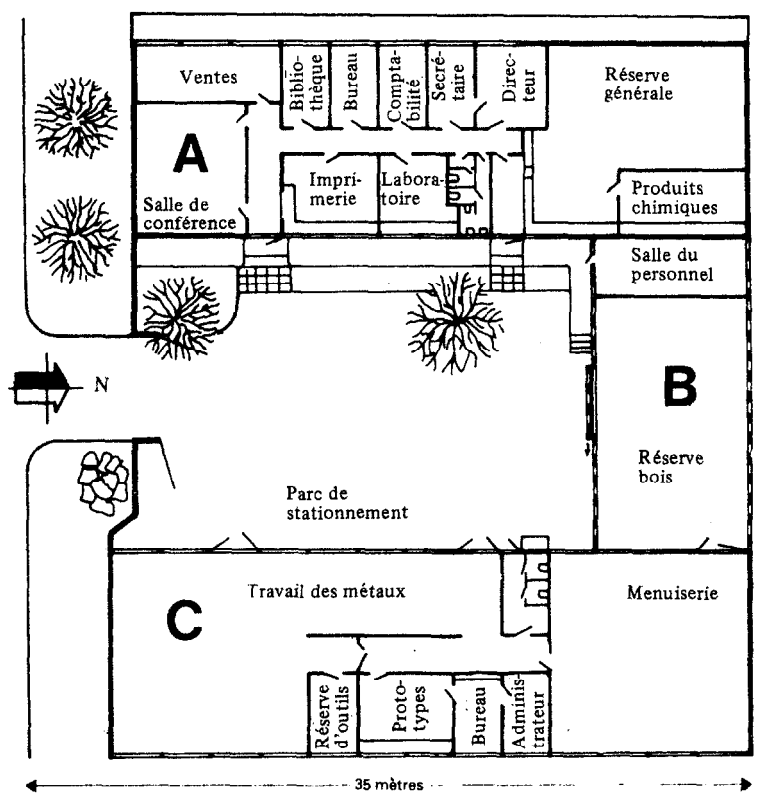


FIG. 1. Plan des bâtiments de l'unité de production de matériel scolaire. A. Administration ; B. Réserve de bois ; C. Ateliers.

Son principal objectif est de contribuer à l'amélioration de l'enseignement des sciences, sur le plan du contenu comme des méthodes, et d'adapter les auxiliaires pédagogiques aux besoins et aux ressources financières du Kenya.

Ses objectifs secondaires sont l'amélioration qualitative de l'enseignement des sciences et l'orientation des établissements scolaires qui mettent en place un enseignement des sciences.

Structure et organisation

L'unité de production de matériel scolaire est une société de personnes à responsabilité limitée juridiquement régie par sa charte et ses statuts dont voici d'importants extraits.

La société a été créée pour remplir les fonctions suivantes :

a) Fabriquer et produire du matériel scolaire y compris des nécessaires scientifiques... ;

b) Produire des auxiliaires pédagogiques physiques et visuels... ;

c) Fournir des conseils en matière d'utilisation et d'application du matériel scolaire et des auxiliaires pédagogiques... ;

f) Coopérer avec le gouvernement de la République kényenne dans l'enseignement des sciences et d'autres disciplines... ;

m) Employer pour les objectifs susdits des experts, des conseillers, des coordonnateurs, des administrateurs et d'autres personnes... ;

q) Passer des conventions avec tous gouvernements, autorités ou organismes internationaux, les accords paraissant propres à aider la société à atteindre ses objectifs...

Les revenus et les biens de la société, d'où qu'ils viennent, ne serviront qu'à promouvoir les objectifs de la société tels qu'ils sont énoncés dans la présente charte ; il n'en sera distribué ou versé directement aucune partie aux membres, que ce soit sous forme de dividendes, de dons, de parts ou de primes, ou de toute autre façon à titre de profits. En cas de liquidation ou de dissolution de la société, s'il demeure après le remboursement de tout le passif et des dettes des biens quels qu'ils soient, ceux-ci ne seront pas versés ou distribués aux membres, mais seront versés ou transférés à une ou plusieurs autres institutions de même vocation que la société.

La responsabilité des membres est limitée. Chaque associé s'engage à contribuer à l'actif de la société en cas de liquidation de celle-ci... à concurrence de 20 shillings kényens.

La SEPU est la propriété des membres. Ces derniers n'ont pas eu à participer à son capital, la société ayant été fondée grâce à des dons suédois. Ainsi qu'il a été indiqué, les membres ne sont pas autorisés à en tirer des profits. En cas de faillite de la société, chacun sera tenu au versement de 20 shillings kényens.

Les membres de l'unité de production sont : le secrétaire permanent de l'éducation ; le secrétaire permanent aux finances et au plan ; le directeur de l'École normale scientifique du Kenya ; le secrétaire général de la Fondation Jomo Kenyatta ; le directeur de l'École normale technique du Kenya ; le secrétaire du Conseil national pour la science et la technologie ; le directeur de l'Institut kényen de l'éducation.

Les membres de l'unité de production se réunissent une fois par an pour examiner les comptes, les bilans et les rapports du conseil d'administration et des commissaires aux comptes, pour élire de nouveaux administrateurs et pour nommer des commissaires aux comptes.

Le conseil d'administration de l'unité de production est responsable de la gestion de la société. Il se réunit en moyenne une fois par mois. Il est composé comme suit : directeur de l'éducation (président) ; directeur de l'unité de production (directeur général) ; directeur de l'École normale scientifique du Kenya (administrateur) ; directeur de l'Institut kényen de l'éducation (administrateur) ; secrétaire général de la Fondation Jomo Kenyatta (administrateur).

L'unité de production occupe trois bâtiments, entourant un parc à voitures, qui sont situés dans l'enceinte de l'École normale scientifique du Kenya. Nous reproduisons, dans ce chapitre, une photo des bâtiments de l'unité et, à la figure 1, un plan de ces bâtiments.

Les bâtiments sont modernes et bien conçus. Le bâtiment A (410 m²) est agencé de telle manière qu'il peut facilement se transformer en atelier. Le toit repose sur des piliers d'acier extérieurs au bâtiment. Les murs intérieurs peuvent presque tous s'enlever si l'on veut modifier la dimension des salles. A l'ouest de l'unité, il y a assez de place pour un quatrième bâtiment. Ainsi l'unité peut éventuellement s'étendre avec un minimum de frais de construction. Le bâtiment B occupe une surface de 140 mètres carrés et le bâtiment C 400 mètres carrés.

Personnel

Pour aider à la mise en place du projet, la SIDA a fourni du personnel suédois représentant trois personnes pendant cinq ans. Les quinze autres membres du personnel étaient kényens. Il est intéressant de noter que les experts étrangers ont coûté plus cher que les bâtiments, les machines, etc. Cela semble être très souvent le cas dans ce genre de projet. Il est donc important d'établir des descriptions d'emploi précises

pour pouvoir tirer le meilleur parti des experts et de recruter un personnel local capable d'assister les experts. Sinon, mieux vaut dépenser l'argent correspondant aux traitements des experts pour acheter des matériaux et des machines.

Après cinq ans d'existence, l'unité de production de matériel scolaire était censée pouvoir fonctionner de façon autonome. Le tableau 1 montre le nombre de nécessaires vendus les quatre premières années (1975 à 1978) et donne pour la même période les recettes globales en shillings kényens.

Tableau 1. Nombre de nécessaires vendus de 1975 à 1978 et total du chiffre d'affaires

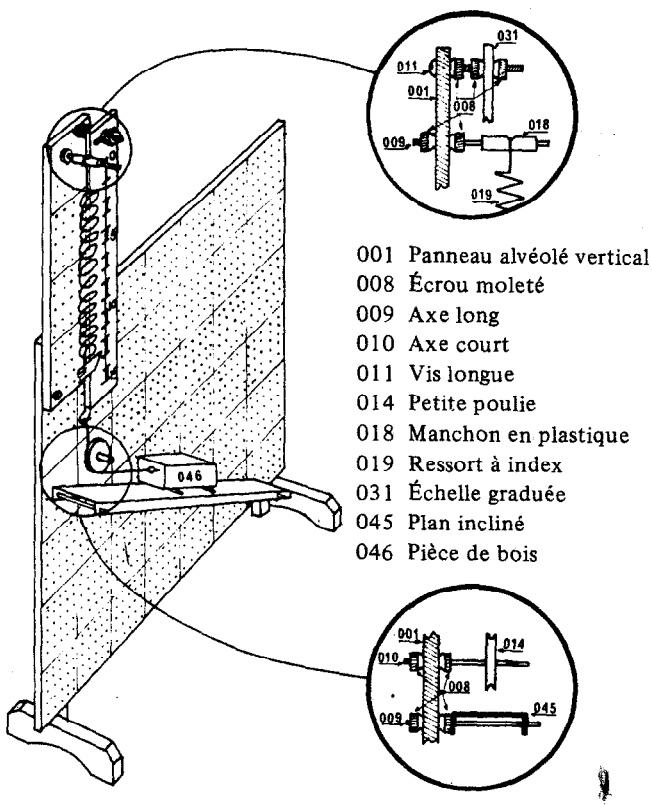
Années	Discipline			Recettes		
	Physique	Chimie	Biologie	Total	Shillings kényens	Dollars des États-Unis
1975	436	353	13	802	433 000	(58 000)
1976	395	330	254	979	447 000	(60 000)
1977	251	201	158	610	371 000	(50 000)
1978	187	207	137	531	515 000	(69 000)

Le tableau 1 montre que le nombre des nécessaires vendus est tombé d'un maximum de 979 en 1976 à 531 en 1978. Cependant, il faut souligner que ces chiffres ne donnent pas un tableau complet de la situation. Dès 1977, l'unité de production a fait savoir partout que tous les éléments des nécessaires pouvaient être achetés séparément. De plus, il a été produit un certain nombre de petits nécessaires partiels (composés de certains éléments des nécessaires complets), correspondant à des sous-disciplines (électricité, optique, etc.), dont il n'est pas tenu compte dans les chiffres du tableau, lequel ne tient pas compte non plus des ventes d'éléments séparés. En revanche, ces ventes sont prises en compte dans les montants globaux de ce tableau, qui indique le chiffre d'affaires brut de l'unité de production. Pour 1978, on observe une augmentation du chiffre d'affaires total, ce qui n'empêche pas les résultats d'être assez décevants. Il aurait fallu que les ventes atteignent 1 500 000 shillings kényens pour couvrir les frais généraux. La seule manière d'y parvenir est de conquérir une plus grande part du marché, ce qui est possible si l'unité intensifie son programme de commercialisation et élargit la gamme des matériels qu'elle propose actuellement. Telles sont les deux directions dans lesquelles elle travaille aujourd'hui.

Nature du produit

Pendant la période considérée, l'unité de production fabriquait des nécessaires de biologie, de chimie et de physique pour les établissements d'enseignement secondaire. Chaque nécessaire était conçu pour un groupe de quatre élèves. Les nécessaires devaient en principe couvrir l'ensemble du programme jusqu'à la classe IV (fin du premier cycle du second degré). L'élément de base du nécessaire de chimie et de physique était le panneau alvéolé vertical. Il s'agit d'un panneau entièrement percé de petits trous à intervalles réguliers, maintenu vertical par deux pieds sur lequel on peut fixer sans outils différents accessoires. Sur la figure 2, un plan incliné est monté sur le panneau pour une expérience.

Toutes les expériences de base sont conçues de manière à pouvoir être réalisées en classe sans eau courante ni électricité. Un aspect très important est que la mise en place de l'appareillage nécessaire aux diverses expériences permet à l'élève d'acquérir et de développer des aptitudes manuelles et de comprendre vraiment le travail qu'il a à faire. Un certain nombre de nécessaires partiels ont été conçus et



001 Panneau alvéolé vertical
008 Écrou moleté
009 Axe long
010 Axe court
011 Vis longue
014 Petite poulie
018 Manchon en plastique
019 Ressort à index
031 Échelle graduée
045 Plan incliné
046 Pièce de bois

FIG. 2. Panneau alvéolé vertical avec plan incliné monté pour une expérience.

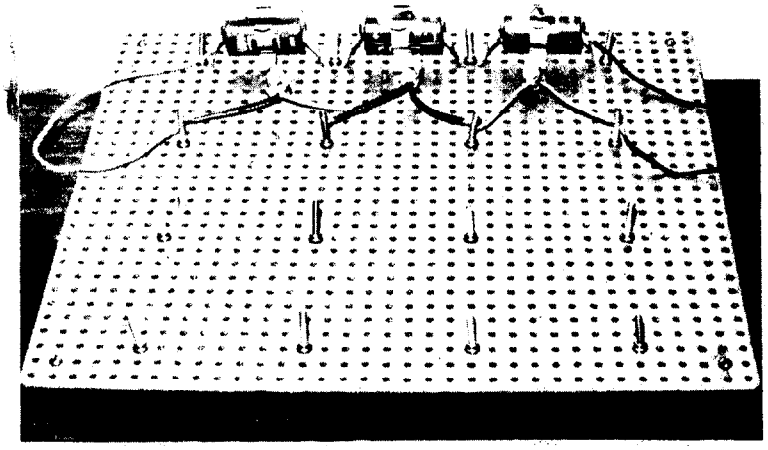
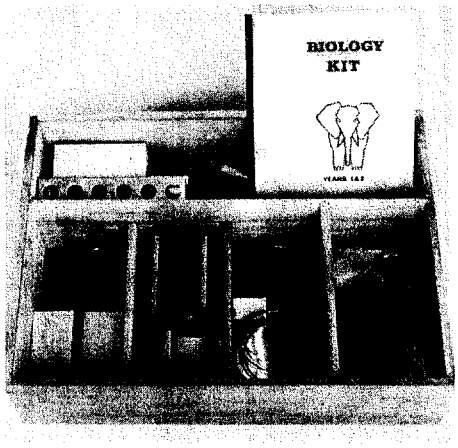
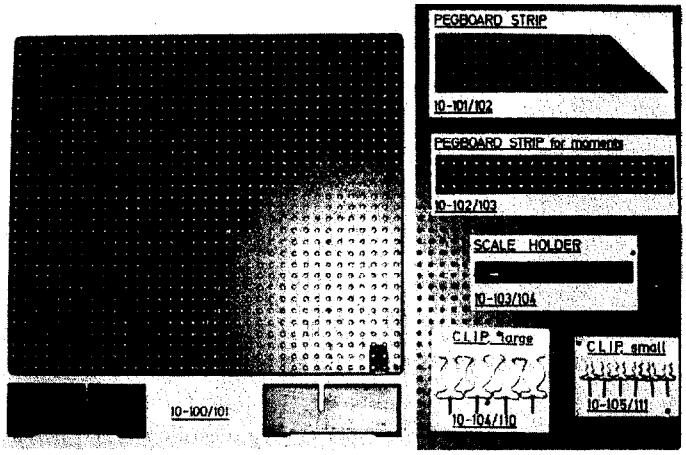
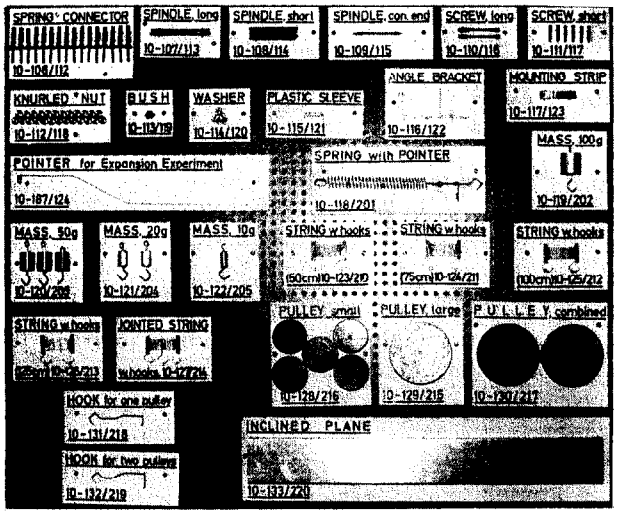


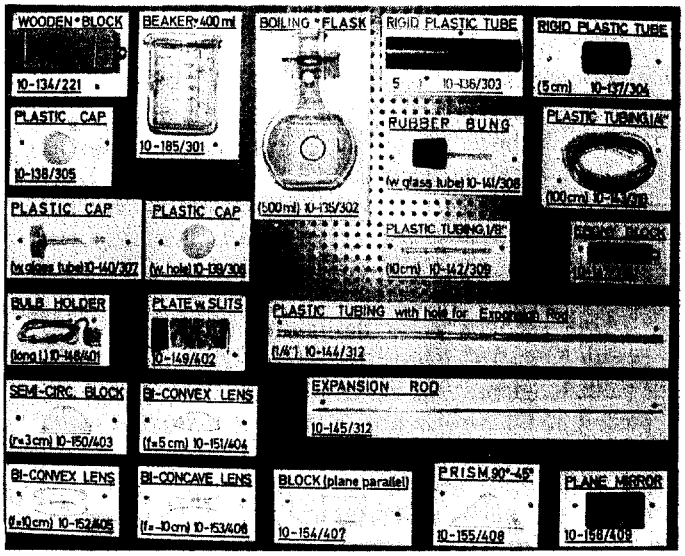
Table de montage électrique.

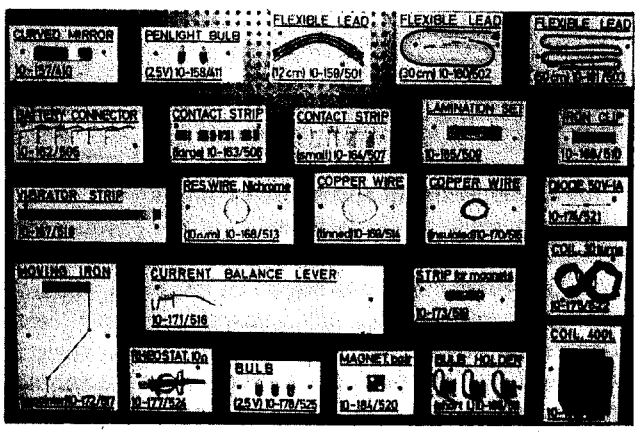


Nécessaire de biologie dans son coffret.

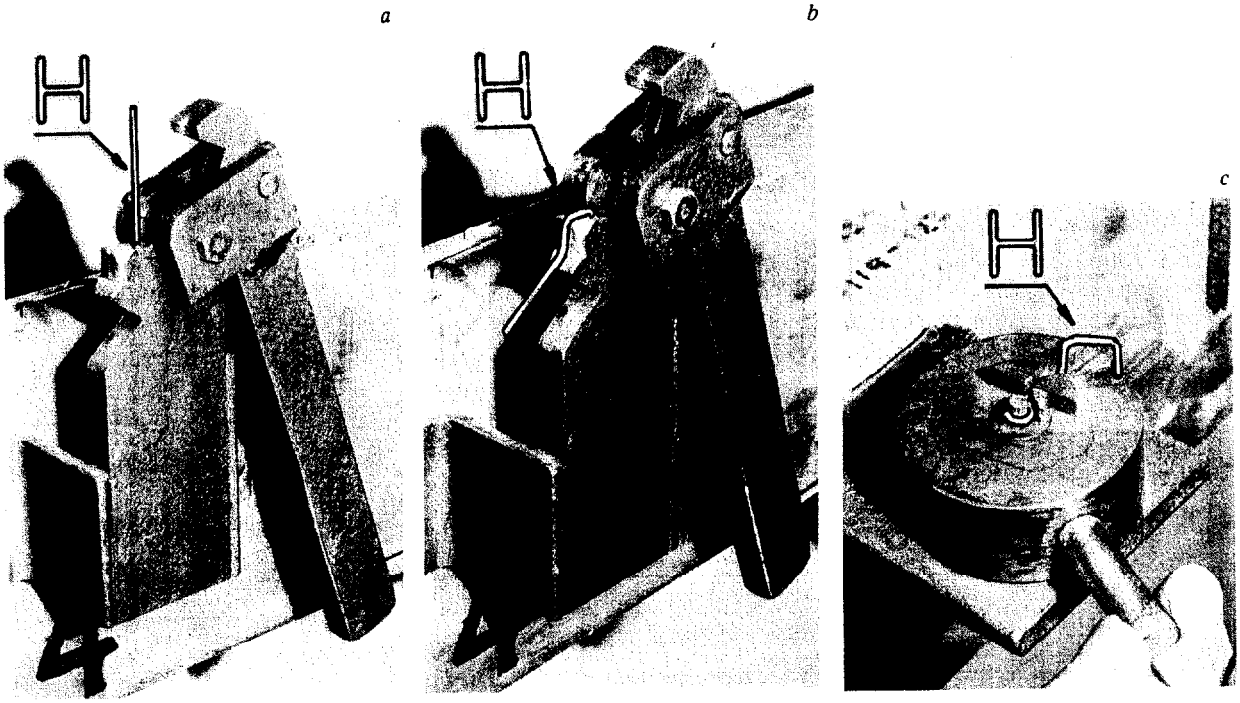








Nécessaire de physique.



Trois stades de la fabrication d'une agrafe.

construits à partir des éléments de base. Une des photos reproduites ici représente une table de montage électrique.

Les nécessaires sont présentés en coffrets de bois, ayant tous le même agencement intérieur (voir la photo représentant l'intérieur du nécessaire de biologie). Beaucoup d'écoles n'ont pas d'espaces de rangement, ce qui rend le coffret indispensable. Il existe pour chaque nécessaire un manuel contenant, à l'intention des élèves, des instructions détaillées sur la manière de réaliser les expériences. Il existe également des guides du maître pour les nécessaires de biologie et de chimie.

Tous les éléments composant un nécessaire sont d'une conception simple et sont pour la plupart fabriqués à partir de matériaux locaux achetés à Nairobi. Chaque élément peut être acheté séparément. Certains établissements préfèrent construire leurs appareils avec des éléments achetés séparément à l'unité de production (voir les photos représentant tous les éléments du nécessaire de physique).

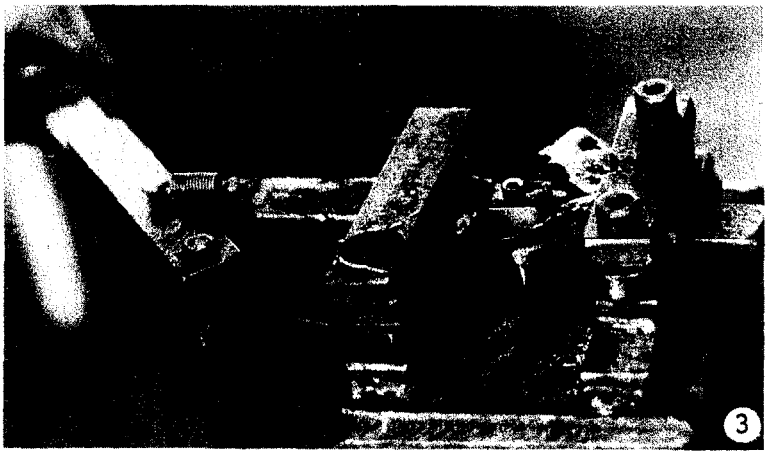
Les nécessaires de fabrication locale produits par l'unité sont très bon marché par rapport à ceux qui sont importés ; ils reviennent en moyenne environ trois fois moins cher. De plus, les manuels sont rédigés au Kenya, en étroite collaboration avec le ministère de l'éducation, ce qui est un gros avantage par rapport aux articles d'importation. En décembre 1978, le prix de vente d'un nécessaire de physique était de 580 shillings kényens (80 dollars des États-Unis), celui d'un nécessaire de chimie de 450 shillings (62 dollars) et celui d'un nécessaire de biologie de 350 shillings (48 dollars).

Méthodes de production

Les principes fondamentaux régissant la production locale de matériel scolaire par l'unité sont : la fabrication en série, une production à forte intensité de main-d'œuvre, le recours à des technologies appropriées et l'emploi d'outillage manuel. Tous les éléments sont fabriqués au moyen d'outils spécialement conçus et fabriqués à l'unité de production, et presque tous manuels.

Une série de photos *(a-c)* représente trois stades de la fabrication d'une agrafe. Sur la photo *a*, un petit morceau de fil d'aluminium est placé dans l'outil. On soulève la poignée et le résultat apparaît à la photo *b*. L'agrafe est transférée à un autre outil (photo *c*), qui forme l'œillet.

Une seconde série de photos donne un autre exemple. 1. La bande métallique est coupée à la bonne longueur ; 2. Le trou est percé à l'emporte-pièce ; 3. Le dernier outil donne à la pièce de métal la forme d'un collier. Pour chaque élément produit par l'unité de production, il est conçu et fabriqué un ou plusieurs outils spéciaux. Bien que fonctionnant manuellement, leur rendement est très élevé. En moyenne, il suffit de deux semaines d'utilisation



Production de colliers.

pour produire tout le matériel vendu dans l'année.

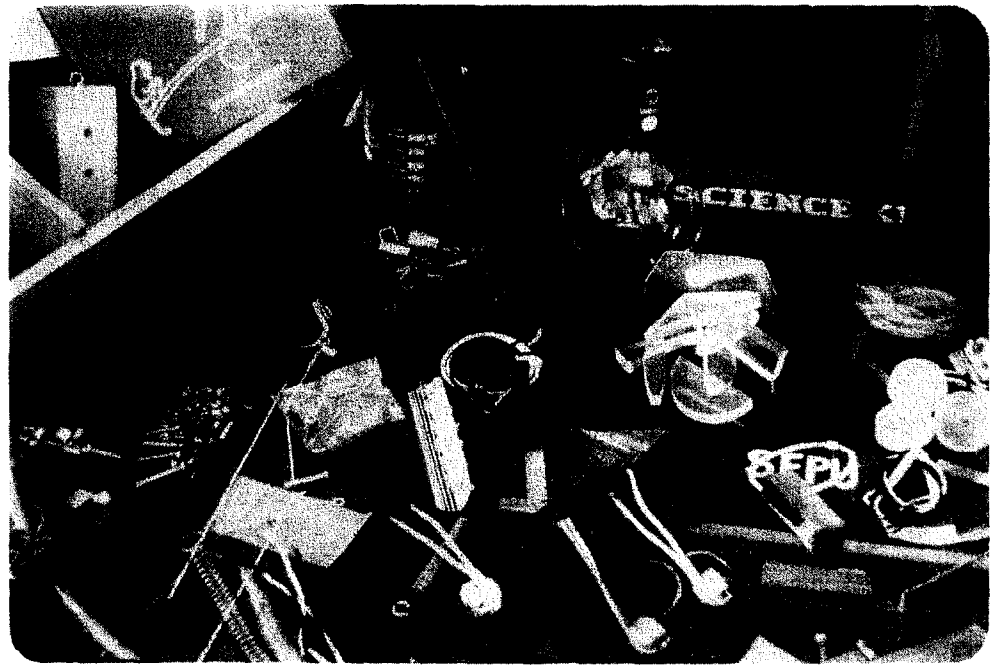
A l'unité de production, les artisans apprennent à entretenir et à réparer leur outillage et il n'est pas nécessaire d'acquérir un coûteux outillage étranger. Il peut se poser des problèmes lorsqu'il s'agit de mettre au point de nouveaux outils, car les pays en développement ont très peu de concepteurs spécialisés dans ce domaine.

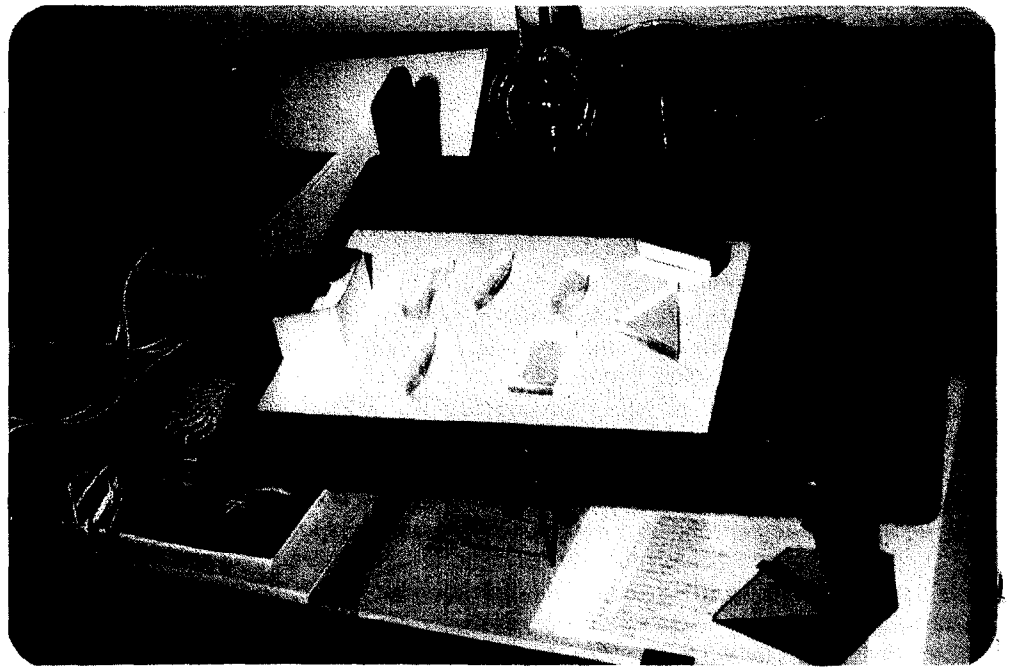
L'unité de production a trouvé une solution en engageant pour de courtes périodes des fabricants d'outils qui mettent au point les articles requis. Ce type de fabrication a un grand avantage, c'est que presque toute la production peut être confiée à des travailleurs sans qualification technique. Pour faire face à de grosses commandes, l'unité de production a parfois recours au personnel de service, aux plan-

tons et à d'autres personnels divers qui arrivent à se servir de l'outillage manuel avec d'excellents résultats. La conception des nécessaires et des outils a exigé un gros travail, dont pourraient profiter les autres pays qui cherchent à mettre au point leur propre matériel. Une bourse du British Council a permis à un technicien du Lesotho de travailler à l'unité de production pendant quatre mois et, grâce à l'Unesco, deux personnes ont pu venir d'Éthiopie étudier l'activité et le mode de fonctionnement de l'unité de production.

Mécanismes de distribution

Jusqu'à présent, l'unité de production vend presque tous ses produits directement aux établissements





Présentation d'une partie du matériel fabriqué par l'unité de production de matériel scolaire du Kenya.

scolaires, en utilisant à cet effet les services d'un vendeur-représentant qui se rend dans les écoles quand il n'est pas occupé à recevoir les visiteurs à l'unité de production, ce qui lui prend malheureusement le plus clair de son temps. Il anime en outre de brefs stages de formation et participe à des conférences. L'unité de production devrait avoir au moins deux autres vendeurs, mais ses moyens ne le lui permettent pas. Il y a eu, au ministère de l'éducation, des discussions sur les moyens de rationaliser le processus de distribution. Par exemple, il existe au ministère un système de distribution de matériel dans les écoles primaires, le Plan d'équipement scolaire du Kenya, qui dispose d'un entrepôt à Nairobi et d'un parc automobile permettant de faire des tournées régulières dans les écoles. Si les activités de ce plan étaient étendues aux établissements secondaires, l'unité de production pourrait leur livrer des nécessaires sur une grande échelle.

Plans d'avenir

L'unité de production a résolu le problème de la fabrication et, avec ses effectifs actuels, arrive à équilibrer ses finances. Les ventes pour 1978 ont totalisé 515 000 shillings kényens, ce qui veut dire que l'unité de production a accumulé un important stock d'invendus. Il semble qu'il y ait deux moyens d'augmenter le chiffre des ventes, peut-être trois si l'unité de production entreprenait de fabriquer du matériel adapté à l'enseignement des sciences aux enfants des écoles primaires âgés de 7 à 9 ans. Les programmes de l'enseignement primaire prendraient alors un tour plus concret et plus orienté vers les sciences. D'après des études de la Banque mondiale, l'unité de production devrait produire pour 6 millions de shillings kényens de matériel par an à partir de 1980 pour pouvoir répondre aux principaux besoins en matériel des nouvelles écoles primaires. L'unité de production dispose des bases nécessaires à cet effet, mais il lui faudrait un personnel plus nombreux et des locaux plus vastes.

L'Association de Hong Kong pour l'enseignement des sciences et des mathématiques offre un exemple, à peu près unique en son genre, d'établissements produisant du matériel avec un minimum d'aide officielle, autofinancé, entièrement autogéré par les enseignants et utilisant des matériaux de rebut de l'industrie locale ou d'autres matériaux disponibles sur place. L'article qui suit est extrait du Journal of the Hong Kong Association for Science and Mathematics Education *et nous remercions l'association d'en avoir autorisé la représentation dans la présente publication.*

La production de matériel scientifique peu coûteux à Hong Kong

P. K. Tao

L'Association pour l'enseignement des sciences et des mathématiques de Hong Kong (HKASME) a entrepris, pendant l'été de 1976, de constituer un groupe de production de matériel pour mettre au point et produire du matériel peu coûteux devant accompagner le programme d'enseignement intégré des sciences qui arrivait au terme de trois ans d'essai en classe pilote. Ce matériel était alors en cours d'adoption dans une centaine d'établissements du premier cycle de l'enseignement secondaire à Hong Kong. Mais d'autres articles avaient donné satisfaction aux essais et la réaction très positive des écoles a amené le groupe à se lancer dans la production à grande échelle ainsi que dans la production de matériel pour le second cycle et les classes terminales de l'enseignement secondaire. A l'heure actuelle, le groupe a donc des objectifs et des activités beaucoup plus vastes qu'à l'époque de sa fondation.

Objectifs

Le groupe de production du matériel a pour objectif de promouvoir une approche expérimentale de l'enseignement des sciences, par les moyens suivants.

Conception et mise au point de matériel simple et peu coûteux, fabriqué chaque fois que possible avec des matériaux disponibles dans le pays.

Diffusion d'informations concernant les articles assez simples pour être construits par des enseignants et/ou des techniciens de laboratoire n'ayant en la matière qu'une qualification minimale.

Convaincre les enseignants et les techniciens que le matériel qu'ils fabriquent eux-mêmes peut jouer à l'école un rôle capital.

Fournir aux écoles du matériel à prix coûtant, quand les ressources administratives et financières permettent de produire certains articles en grandes quantités.

Développement du groupe de production du matériel

Le groupe est dirigé depuis sa création par le Dr et Mme S. Y. Mak, qui sont respectivement professeur de physique dans l'enseignement secondaire et chargée de cours de sciences dans un collège d'enseignement pédagogique. C'est grâce à leurs efforts, leur dévouement et leur ingéniosité que les activités du groupe ont pris autant d'ampleur.

Les activités ont commencé en 1976 par la construction d'un certain nombre de prototypes et leur démonstration aux enseignants lors du stage d'été de formation continue en sciences intégrées. Comme les établissements qui allaient mettre en place un enseignement scientifique intégré avaient le plus grand besoin de matériel, le groupe a entrepris d'en construire en quantité limitée avec l'aide de volontaires.

La production de certains articles a été sous-traitée par deux techniciens de laboratoire hautement qualifiés, à des prix raisonnables. Les établissements scolaires se sont cotisés pour l'achat des matériaux.

Les activités ont pris une grande extension lorsqu'en 1977 le groupe a obtenu une aide du ministère de l'éducation et du Département d'organisation industrielle de l'Université de Hong Kong. Sous la supervision du groupe, la production de matériel a été confiée à une équipe de douze étudiants recrutés par l'Inspection des sciences du Département de pédagogie, dans le cadre du Plan pour l'emploi des étudiants pendant l'été. Après avoir enseigné à ces étudiants certaines techniques de construction élémentaires, reposant sur l'emploi d'outils simples et le travail du plastique acrylique et du Plexiglas, on leur a confié différents travaux (fabrication de pièces, assemblage, conditionnement) comme dans une petite usine. On a fait aussi appel à un certain nombre de volontaires, enseignants et techniciens, pour construire certains articles précis.

L'équipe avait pour base de travail l'atelier de menuiserie du lycée où enseigne le Dr Mak.

A défaut d'autres projets d'été pouvant intéresser ses étudiants, le Département d'organisation industrielle a lui aussi entrepris de fournir son concours à l'association pour la production de certains articles à partir des prototypes mis au point par le groupe. Le département s'est aperçu que cette activité permettait aux étudiants d'acquérir une expérience précieuse : en plus de la construction proprement dite, ceux-ci avaient à s'occuper de l'organisation générale de la production (choix et achat des matériaux, calcul des coûts, établissement du calendrier de production, répartition des tâches, etc.).

Ces efforts conjugués ont abouti à la construction de vingt et un articles, dont chacun a été produit en grande quantité (l'annexe 1 donne la liste complète du matériel produit). Par la suite, ces produits ont été mis en vente à bas prix lors d'une rencontre d'enseignants organisée pour faire la démonstration des utilisations du matériel. Dans chaque cas, la demande a excédé l'offre et les commandes des quatre-vingt-dix établissements intéressés n'ont pu être totalement honorées. Le chiffre global des ventes a été d'environ 35 000 dollars de Hong Kong.

Ce système de production de matériel à grande échelle pendant l'été se poursuit. Il s'est avéré satisfaisant et semble bien être pour le groupe le seul moyen d'avoir à sa disposition assez de personnel et de ressources. Pendant l'été de 1978, l'association a fourni des fonds plus importants, ce qui a permis d'augmenter encore la production et de fabriquer vingt-sept articles différents, qui ont été vendus à cent soixante-douze écoles, tous en grandes quantités. Les recettes totales ont été d'environ 60 000 dollars de Hong Kong. Certains articles étaient nouveaux, tandis que d'autres, toujours demandés, dataient de l'année précédente. On prévoit qu'une subvention encore plus importante permettra de développer davantage la production.

Le groupe a également produit du matériel en quantités plus modestes en cours d'année scolaire. Pour ce faire, une partie de la fabrication a été sous-traitée par des techniciens de laboratoire compétents et de confiance ; certaines pièces ont été fabriquées ou semi-finies selon les indications du groupe par de petits ateliers de ferronnerie, de menuiserie et de matières plastiques et des volontaires ont assuré le montage final des produits. Les articles sont généralement vendus aux établissements secondaires après Pâques.

En 1979, le groupe a organisé un « supermarché de matériel et composants » où il offrait des pièces et des éléments tels que transformateurs, moteurs, commutateurs, etc., obtenus à prix réduit, et qui provenaient de rebuts industriels et de surplus. Là encore, l'accueil a été favorable et plus de cent quatre-vingts écoles ont acheté plus de huit mille exemplaires des trente-six articles mis en vente. Cela est de bon augure, car les écoles se serviront des éléments qu'elles auront achetés pour construire leur propre matériel.

La production de matériel scolaire à bon marché a reçu un accueil si favorable que les comités d'enseignants des différentes disciplines, membres de l'association s'y sont intéressés. Ils organisent régulièrement des ateliers et séminaires de physique, de chimie et de biologie, souvent liés à un matériel particulier, conçu et développé par les comités. Ce matériel peut se présenter soit semi-fini, en kit – et les participants aux séances sont alors parfois invités à le monter eux-mêmes, sous la direction d'un technicien – soit sous forme de produits finis. Dans l'un et l'autre cas, on explique et on montre aux enseignants comment tirer le meilleur parti du matériel dans la salle de classe. Là encore, la production de ces articles, allant souvent de cinquante à cent éléments, est l'œuvre de techniciens de laboratoire sûrs et compétents dont la rémunération est raisonnable.

Ressources du groupe en locaux et en personnel

Comme il n'a ni atelier qui lui appartienne en propre, ni personnel permanent rétribué, le groupe continue, à ce jour, de fonctionner grâce au concours de bénévoles qui prêtent leurs services pendant leur temps libre.

Le groupe utilise comme local un atelier de menuiserie d'un établissement d'enseignement secondaire. Il a acheté quelques outils, mais, pour le reste, il se sert du matériel et des outils de l'atelier, ce qui montre que même un établissement ordinaire dispose de l'équipement adéquat pour pouvoir construire des appareils, si ses enseignants et ses techniciens ont l'enthousiasme voulu et sont prêts à accepter un surcroît de travail.

A ce jour, le matériel produit par le groupe a trois origines différentes :

Matériel fabriqué dans l'atelier du groupe. C'est le principal mode de production. Le travail est fourni par des volontaires et, en été, par l'équipe d'étu-

diants recrutée par l'Inspection des sciences du Département de l'Université de pédagogie. De plus en plus, le groupe sous-traite, chaque fois que c'est possible, la fabrication des pièces à un petit atelier local de travail des métaux, de menuiserie ou de matières plastiques ; par exemple, les socles en bois des tables de montage électrique ont été faits par un atelier de menuiserie extérieur et les connecteurs et broches de cuivre par un atelier de travail des métaux. C'est un atelier de matières plastiques qui a moulé le bac à ondes circulaires et découpé les accessoires à partir d'une feuille d'acrylique. Dans la plupart des cas, le groupe se contente donc de faire l'assemblage.

Matériel fabriqué par le Département de production industrielle. Le département se charge de fabriquer un certain nombre d'articles pour l'association à partir de prototypes mis au point par le groupe, la main-d'œuvre étant formée d'étudiants dans le cadre de stages d'été. Le département ne facture que le coût des matériaux, le plus souvent après la vente du matériel aux établissements scolaires. Les articles produits de cette façon peuvent être un peu plus complexes, grâce aux excellents ateliers dont dispose le Département.

Matériel fabriqué par des techniciens de laboratoire. Les techniciens de laboratoire scolaire participent fréquemment au stade initial de la conception et de la mise au point du matériel par le groupe. Une fois qu'un prototype a donné toute satisfaction, on charge souvent des techniciens de le fabriquer en série à un prix raisonnable, surtout quand la fabrication exige des compétences de haut niveau et met en jeu des techniques complexes. Le groupe pouvant ainsi contrôler au mieux la qualité du matériel, ce système s'est révélé pleinement satisfaisant. Cette méthode de production est nécessairement plus coûteuse que les deux autres, mais les produits reviennent quand même moins cher que leurs équivalents dans le commerce.

Aspects financiers

L'achat des matières premières et le financement de la fabrication entraînent des dépenses importantes, souvent de l'ordre de dizaines de milliers de dollars. L'association a pu y faire face grâce à ses fonds de réserve, mais ils sont limités, et l'association a le plus grand mal à s'assurer une trésorerie suffisante dans le cours de l'année. Bien souvent, elle ne peut entreprendre de nouveaux programmes avant que les précédents soient terminés et que le matériel ait été vendu aux écoles.

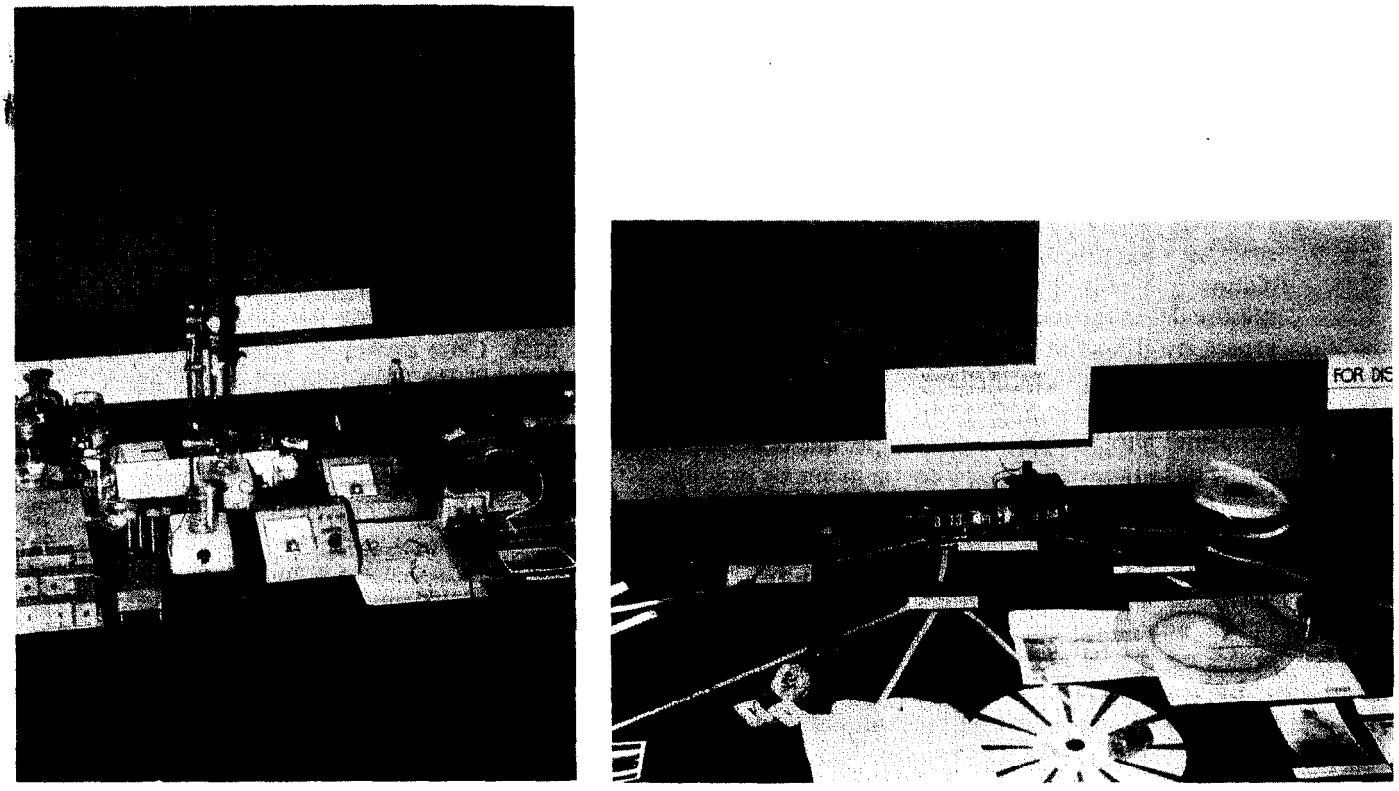
Remarquons que l'association n'est pas obligée de prévoir des fonds pour la production du matériel qui est fabriqué par le Département de production industrielle. C'est le département qui avance l'argent pour l'achat des matières premières et se fait rembourser par l'association une fois le matériel fabriqué et vendu aux établissements scolaires.

Face à l'accroissement régulier de la demande de matériel scolaire, l'association a de plus en plus de difficultés à financer la production. Elle a donc adopté une nouvelle politique prévoyant que le groupe se réservera dorénavant une marge bénéficiaire plus importante, tout en continuant à pratiquer des prix peu élevés par rapport à ceux du commerce. Les finances de l'association s'en porteront mieux.

Nature des produits

Le matériel, surtout quand il est fabriqué par le groupe lui-même, présente les caractéristiques suivantes :

1. Il est principalement fait de plastique acrylique et de Plexiglas, matières transparentes convenant aux démonstrations par rétroprojecteur. Les feuilles d'acrylique et de Plexiglas ne manquent pas à Hong Kong et, si les grandes feuilles de taille standard sont assez chères, beaucoup d'ateliers vendent leurs chutes à bas prix. Elles sont faciles à découper, cintrer, souder ou vriller avec un outillage très simple, ce qui répond aux besoins du groupe. Parmi divers exemples intéressants d'objets fabriqués par le groupe, citons le bac à ondes circulaires, l'appareil à ondes longitudinales, les lentilles cylindriques, les prismes, et bien d'autres.
2. Certains articles ont des pièces mobiles mues par de petits moteurs de jouets d'enfants, utilisant un courant à basse tension. Ces moteurs peuvent s'acheter partout à bas prix, Hong Kong en étant l'un des principaux producteurs mondiaux. Citons parmi ces articles le bac à ondes circulaires, les appareils à ondes longitudinales et transversales, les modèles de théorie cinétique, etc.
3. Il est souvent fait usage des rebuts industriels et surplus qu'offre aux amateurs d'électronique, de temps en temps, le célèbre « marché » d'Apliu Street, Shamshuipo, à Kowloon. La bobine



Une partie du matériel produit par l'Association pour l'enseignement des sciences et des mathématiques de Hong Kong.

exploratrice, avec ses 5 000 spires de fil de cuivre verni de calibre 48 s.w.g. enroulés sur une bobine de 2 cm de diamètre, a été obtenue en démontant l'électro-aimant d'une horloge électrique. Cet article serait autrement très difficile à confectionner, car les fils sont extrêmement fins. Il a été fabriqué des centaines de chronographes, qui fonctionnent parfaitement, à partir de vibreurs provenant de rebuts industriels, qui répondent tout à fait aux besoins du groupe et ne coûtent presque rien (moins de 1 dollar de Hong Kong pièce). Au fil des années, le groupe est parvenu à établir des contacts réguliers avec les commerçants du « marché » et c'est souvent à lui que ceux-ci commencent par proposer les articles de rebut et les surplus dont ils disposent.

Distribution du matériel

Le groupe n'a ni le personnel ni les moyens qui lui permettraient de livrer son matériel aux écoles, comme le font la plupart des fournisseurs du commerce. Il demande donc toujours aux écoles de venir en prendre elles-mêmes livraison, à la date, à l'heure et au lieu qu'il fixe. Cela ne leur pose guère de problèmes, Hong Kong étant un territoire peu étendu à forte densité de population.

En ce qui concerne les articles fabriqués l'été à grande échelle, tous les membres de l'association reçoivent généralement un catalogue ou une liste imprimés du matériel disponible, dont ils se servent pour commander les articles qui intéressent leurs établissements. Une fois toutes les commandes reçues, le groupe les adapte comme il le juge bon pour assurer une répartition équitable entre les établissements, car il n'est presque jamais possible de les honorer toutes entièrement. Les écoles sont ensuite invitées à venir chercher et régler leur matériel. Une séance de démonstration est souvent organisée avant l'enlèvement du matériel soit le jour même, soit quelques jours auparavant.

Quand le matériel est fabriqué à l'occasion de séminaires ou de stages, les enseignants sont priés d'assister au stage avant d'emporter et de régler le matériel. Les commandes doivent être passées avant le stage et elles sont satisfaites dans l'ordre où elles ont été passées ; elles sont généralement toutes honorées, chacune ne portant que sur un article précis.

Le groupe expérimente actuellement la vente par correspondance d'articles petits et légers. Le nécessaire de réseaux optiques sera parmi les premiers articles à être vendus de cette façon.

Plans d'avenir

De l'avis général, l'approvisionnement des écoles en matériel à bas prix est une activité essentielle de l'association que celle-ci poursuivra et amplifiera dans la mesure de ses moyens administratifs et financiers. On espère qu'il suffira de majorer légèrement les prix pour venir à bout des difficultés de financement des projets de production. Dans l'espoir de réduire l'énorme charge de travail du groupe, une plus grande partie de la fabrication de pièces ou même de produits semi-finis sera sous-traitée à divers ateliers (travail des métaux, menuiserie, matières plastiques). Cela n'est pas toujours facile, car, bien souvent, les ateliers jugent les quantités commandées par le groupe trop faibles pour être rentables et il se pose toujours un problème de contrôle de la qualité.

La conception et la mise au point du matériel par le groupe dépendent de l'ingéniosité et de l'activité de ses membres. A cet égard, on ne peut être qu'optimiste, car il s'est instauré au cours des années, parmi de nombreux enseignants et techniciens, un climat favorable à la création du matériel. On ne devrait donc pas manquer d'idées nouvelles. Mais, sur le plan de la production, on ne saurait voir les choses avec autant d'optimisme et d'assurance. Jusqu'ici, le groupe a pu compter sur la bonne volonté et le soutien du Département de pédagogie, du Département de production industrielle et du directeur de l'établissement où enseigne le Dr Mak. Cette assistance extérieure a toutes chances d'être encore fournie pendant des années, mais elle ne saurait constituer une base de travail permanente.

L'association pourrait, par exemple, projeter d'acquérir enfin son propre atelier. Mais c'est là un pas difficile à franchir, en raison des énormes besoins en ressources financières et humaines que cela impliquerait et des difficultés que cela leur créerait. Il est à peu près certain que le groupe devra, pendant assez longtemps encore, continuer à fonctionner comme il le fait actuellement, tout en essayant d'étendre ses activités dans la limite de ses moyens.

Annexe 1 Articles produits par le Groupe de production de matériel

Programme d'été 1976 (matériel acheté par 50 écoles)

Articles	*Prix en dollars des États-Unis (approximatif)*	*Quantité*
1. Ensemble pompe et turbine	Nécessaire de transformation de l'énergie	50
2. Volant		
3. Roue et axe		
4. Calorimètre à friction		
5. Ensemble de ressorts		
6. Accumulateur au plomb		
7. Coffret de projection	1	200
8. Lentille convexe cylindrique	1	200
9. Modèle de théorie cinétique	12	60
10. Source de courant (0-11 V, courant alternatif/continu)	40	30

Programme d'été 1977 (matériel acheté par 90 écoles)

Articles	*Prix en dollars des États-Unis (approximatif)*	*Quantité*
1. Maquette à ondes longitudinales	6	50
2. Maquette à ondes transversales	3	30
3. Appareil de Melde	6	20
4. Coffret de projection	0,60	200
5. Lames d'optique (série de 12)	6	30
6. Réseaux optiques à 4 fentes (série de 8)	4	20
7. Nécessaire d'optique	2	50
8. Nécessaire de dynamique	17	50
9. Lentilles convexes cylindriques	0,20	200
10. Solénoïde de démonstration	3	30
11. Appareil pour spectre magnétique	3	30
12. Boussole de démonstration (transparente)	0,20	400
13. Nécessaire d'électronique	3	50
14. Nécessaire d'électrostatique	0,60	120
15. Cellule électrolytique	0,40	100
16. Plaque pour électrophorèse (démonstration)	2	20
17. Cric à plate-forme	10	20
18. Diapositives illustrant différents types d'illusions d'optique (série de 19)	2	30
19. Bain-marie	10	20
20. Miroirs cylindriques (convexes et concaves)	0,20	300
21. Boîtier de diode	0,60	50

Programme de Pâques 1978 (matériel acheté par 70 écoles)

Articles	*Prix en dollars des États-Unis (approximatif)*	*Quantité*
1. Bac à ondes circulaires avec accessoires	20	50
2. Bac de rétroprojecteur	9	30
3. Maquette à ondes longitudinales	6	30
4. Miroir cylindrique (convexe et concave)	0,20	1 000
5. Ensemble de 12 lames d'optique	6	30
6. Réseaux optiques à 4 fentes	2	30
7. Stroboscope à main	3	100
8. Boîtier de diode	0,60	200
9. Circuit d'étude monté avec diode	3	100
10. Nécessaire d'optique	2	15

Programme d'été 1978 (matériel acheté par 172 écoles)

Articles	*Prix en dollars des États-Unis (approximatif)*	*Quantité*
1. Table de montage électrique avec éléments	11	200
2. Douille pour table de montage électrique	0,30	550
3. Nécessaire d'électrostatique	1,50	180
4. Solénoïde de démonstration	4	60
5. Plaque pour électrophorèse (démonstration)	3	50
6. Appareil pour spectre magnétique	4	50
7. Boussole de démonstration (transparente)	0,20	900
8. Circuit d'étude monté avec diode	2,50	260
9. Cellule électrolytique	0,50	250
10. Canalisation pneumatique avec soufflante	24	50
11. Chariot à explosifs	3	200
12. Ressort	0,10	1 600
13. Ressort d'acier inoxydable	1,20	220
14. Modèle de théorie cinétique	12	50
15. Coffret de projection	1,10	300
16. Lentilles cylindriques (convexes et concaves)	0,10	2 000
17. Miroirs plans	0,10	1 800
18. Miroirs cylindriques (convexes et concaves)	0,20	1 600
19. Prisme acryliques	0,20	450
20. Nécessaires d'optique	2	100
21. Lentilles sphériques	0,20	800
22. Appareil à ondes transversales	3	50
23. Appareil de Melde	6	50
24. Bac de rétroprojecteur	9	40
25. Source de courant (régulé)	56	70
26. Diapositives illustrant différents types d'illusions d'optique (série de 23)	3	90
27. Bain-marie	12	30

Programme de Pâques 1979 (matériel acheté par 180 écoles)

Articles	*Prix en dollars des États-Unis (approximatif)*	*Quantité*
1. Chronographe	3,50	350
2. Système de mouton à déclic avec chercheur de ligne libre	2,40	120
3. Source de courant à très basse tension (6 V en courant alternatif, 3 V en courant alternatif 2,2 V en courant continu 32 W)	6	150
4. Unité d'alimentation en courant continu (filtré) (6 V, 12 V, 24 W)	6	50
5. Lames d'optique	6	100
6. Réseaux optiques à 4 fentes	2	100
7. Appareil de polarisation d'ondes mécaniques	2,40	70
8. Diapositives illustrant différents types d'illusions d'optique (série de 23)	3	20
9. Cellule électrolytique	0,80	120
10. Papier millimétré transparent (paquet de 50 feuilles)	2	250
11. Électro-aimant à face polaire	0,40	2 000
12. Haut-parleur monté	0,30	200
13. Vibreur	0,30	400
14. Modèle de ligne de force	1,20	70
15. Lampe à ultraviolets	5	50
Etc.		

Programme d'été 1979[1]

Articles	*Prix en dollars des États-Unis (approximatif)*	*Quantité*
1. Maquette à ondes longitudinales	9	100
2. Maquette à ondes transversales	8	100
3. Appareil de Melde	10	95
4. Appareil de polarisation d'ondes mécaniques	4	100
5. Bac à ondes circulaires avec accessoires	30	50
6. Lampe à ultraviolets	7	80
7. Coffret de projection	2,40	300
8. Lentilles cylindriques convexes et concaves	0,10	2 000
9. Solénoïde de démonstration	9	100
10. Appareil pour spectre magnétique	9	100
11. Boussole de démonstration (transparente)	0,30	600
12. Modèle de ligne de force	3	94
13. Nécessaire électrostatique	1,50	300
14. Cellule électrolytique	1,20	400
15. Circuit électrique avec accessoires	18	200
16. Douille pour table de montage électrique	0,50	1 500
17. Connecteurs de cuivre pour montage électrique	0,20	2 000
18. Bobine exploratrice	1	300
19. Palet aimanté	1,20	200
20. Electro-aimant à face polaire	0,40	1 300
21. Source de courant à très basse tension (6 V en courant alternatif, 3 V en courant alternatif, 2,2 V en courant continu, 32 W)	7	200
22. Système d'alimentation en courant continu (filtré) (6 V courant continu 12 V courant continu, 24 W)	7	250
23. Modèle de théorie cinétique	20	100
24. Chronographe	5	400
25. Chariot mécanique	8	120
26. Système de mouton à déclic avec chercheur de ligne libre	4	240
27. Volant (nécessaire de transformation d'énergie)	9	80
28. Ensemble pompe et turbine (nécessaire de transformation d'énergie)	10	95
29. Cric à plate-forme	14	100
30. Papier millimétré transparent (paquet de 50 feuilles)	2	110
31. Fougère en pot (spécimen biologique vivant)	3	200
32. Paramécies (par culture)	1	200
Etc.		

1. Ce programme a été présenté aux écoles en septembre 1979.

Annexe 2 Nécessaires scientifiques produits par les comités d'enseignants

Articles	*Prix en dollars des États-Unis (approximatif)*	*Quantité*
Physique		
Séparateur de faisceaux pour oscilloscope cathodique	3	50
Série de solénoïdes carrés et de bobines exploratrices	65	50
Nécessaire d'électronique	25	100
Condensateur à lames parallèles	20	50
Réseaux optiques	15	150
Chimie		
Appareils de mesure d'ionisation et de potentiels	20	30
Nécessaires d'électromagnétisme 1, 2 et 3, comprenant respectivement : un agitateur magnétique, un voltmètre à haute impédance tous usages et des électrodes à pH pour mesure de la force électromotrice et du pH	40	125
Biologie		
Nécessaire de culture de champignons	15	60
Maquette d'avant-bras	1	100

L'article sur la Hongrie, dans la première partie, décrivait une procédure centralisée d'agrément du matériel scolaire. Il montrait que cette méthode favorise la normalisation et, sans doute, en dernière analyse, le bon entretien du matériel. Il peut être intéressant de se pencher sur un autre système éducatif dans lequel la fourniture de matériel aux établissements scolaires est également centralisée. L'article qui suit rend compte de la situation existant en Belgique, telle qu'elle a pu être observée en 1979 par le directeur de publication du présent ouvrage.

Les centres de matériel scolaire en Belgique

Norman K. Lowe

En Belgique, le système éducatif est divisé en deux secteurs, l'un pour la communauté de langue flamande, l'autre pour la communauté francophone. Chaque communauté a son propre ministère de l'éducation et son propre centre technique de matériel et de fournitures scolaires.

Technische Dienst, Ghent[1]

Le Technische Dienst, service technique du ministère de l'éducation nationale pour la culture néerlandaise, s'occupe du matériel et des appareils d'enseignement des sciences destinés aux établissements secondaires. Il existe quelque 260 établissements d'enseignement secondaire publics dans le secteur de langue flamande.

Le Technische Dienst a été créé en 1957 dans le cadre d'une école secondaire et fonctionnait au début avec deux enseignants et deux techniciens. Il avait pour fonction d'évaluer le matériel disponible pour l'enseignement des sciences et, pour commencer, d'en assurer la réparation et l'entretien. Par la suite, le centre a mis en place un système d'approvisionnement des écoles en matériel neuf et, comme il a fallu apprendre aux enseignants à se servir de ce matériel, cela l'a conduit à organiser à leur intention une formation continue. Le Technische Dienst est installé dans deux bâtiments situés aux deux extrémités de la ville de Ghent. Les bureaux de l'administration sont au dernier étage d'un *atheneum* (ou lycée) moderne tandis que les ateliers sont restés dans leur vieil *atheneum*. Une ancienne église adjacente à ce dernier sert d'entrepôt central pour recevoir et expédier le matériel. On a transféré les bureaux de l'administration dans leurs nouveaux locaux pour faire plus de place dans le vieux lycée, où les installations qui subsistent sont des ateliers bien aménagés de menuiserie, de travail des métaux et du verre, de finition et d'assemblage, outre l'entrepôt aménagé dans l'église.

Le personnel scientifique du Technische Dienst comprend deux directeurs, l'un pour la physique et l'autre pour la chimie et la biologie. Tous deux sont des enseignants en exercice dont on a réduit l'horaire de travail pour leur permettre de diriger les activités du centre ; il n'y a pas d'autres cadres. Les services techniques et administratifs sont assurés par quinze autres personnes. A cause du manque de personnel scientifique, le Technische Dienst ne s'occupe que des appareils eux-mêmes et ne produit pas de documentation imprimée.

On peut résumer les activités du centre comme suit : achat de matériel ; création et production de matériel ; réparations et entretien ; formation continue des enseignants.

Achat de matériel

Les écoles reçoivent leur matériel par l'intermédiaire d'un bureau d'achats central qui dépend du ministère de l'éducation selon un mécanisme mis au point par le Technische Dienst. Le ministère adresse à chaque école une liste du matériel qu'elle devrait normalement avoir. L'école renvoie au ministère un exemplaire de la liste indiquant les articles qui lui manquent, par ordre de priorité. (Chaque école a son propre budget, mais elle ne manie pas elle-même les fonds et ne peut acheter directement à un fournisseur.) Les informations fournies au ministère sont traitées par ordinateur, une liste de tous les articles demandés est établie et des cahiers des charges sont mis au point. Des appels d'offre sont publiés dans la presse pour la fourniture des articles requis et le matériel offert par les fournisseurs (y compris celui qui a été conçu par le centre lui-même) est exposé au Technische Dienst.

Le ministère délègue une commission d'ensei-

1. Technische Dienst, Koninklijk Athenium, Voskenslaan 60, Ghent (Belgique).

gnants, qui se réunit pour examiner les prototypes et les spécimens des fournisseurs. (Par exemple, la commission examine quelque 400 éléments d'appareils de physique, de biologie et de chimie en trois ou quatre jours.) Elle évalue la qualité et l'adéquation des articles aux besoins et leur attribue des notes, puis adresse au ministère des recommandations. Celui-ci examine ensuite les prix demandés par les différents fournisseurs pour les articles choisis et commande est passée à ceux dont les soumissions sont les plus avantageuses. (Ces derniers fournissent des spécimens qui sont conservés au centre aux fins de contrôle de la qualité lors de la livraison.) Les adjudicataires ont trois mois à dater de la commande pour livrer les articles ; à la livraison, le centre compare chaque article à l'échantillon qui avait été présenté au moment de la soumission pour s'assurer qu'il répond bien aux critères qui l'ont fait choisir par la commission. Celle-ci est constituée d'enseignants en exercice dont certains ont déjà fait partie de la commission auparavant tandis que d'autres y siègent pour la première fois, ce qui assure la continuité de sa composition d'une année sur l'autre en même temps que son renouvellement. Tout le matériel commandé est livré à l'entrepôt ; là, il est conditionné pour l'expédition aux différents établissements et livré par le Technische Dienst lui-même au moyen de ses propres véhicules.

On estime que cette méthode d'achat et de distribution centralisés permet une économie de l'ordre de 40 %.

Création et production de matériel

Le Technische Dienst a été créé pour offrir des conseils au sujet des achats de matériel et de services de réparation et d'entretien ; néanmoins, il s'occupe aussi à présent de mettre au point et de produire lui-même du matériel. Les prototypes conçus par le centre sont, si la commission d'enseignants les retient, produits dans les quantités voulues. En plus du matériel, on fabrique du mobilier scolaire, surtout pour les établissements qui peuvent avoir besoin d'autres articles que ceux du commerce.

Réparation et entretien du matériel

C'est là une activité très importante. Dans la mesure du possible, les articles à réparer sont livrés au Technische Dienst, qui essaie de procéder rapidement à la réparation, de manière que le matériel scolaire soit à tout moment en bon état de fonctionnement. Les livraisons du matériel par les écoles ou aux écoles se font par la poste, par chemin de fer ou au moyen des véhicules du Technische Dienst lui-même, selon l'article dont il s'agit.

Centre technique de l'État, Mons (Belgique).

Formation continue des enseignants

Des stages de formation continue de un à trois jours à l'intention des enseignants ont lieu quatre fois par an environ, selon les besoins de l'Inspection.

Centre technique de l'État, Mons[1]

Ce centre est une filiale de celui de Gand et il a été créé par décret royal en 1972 pour le secteur francophone de Belgique. Il dépend plus ou moins du ministère de l'éducation nationale ; son fonctionnement est financé sur la base d'évaluations annuelles reposant sur les estimations du centre lui-même. Celui-ci ne s'occupe que des établissements d'État, à l'exclusion des écoles libres et des écoles municipales, qui peuvent cependant à l'occasion obtenir son aide dans des cas précis.

1. Centre technique de l'État, ministère de l'éducation nationale, 1, Chaussée de Bruxelles, 7000 Mons (Belgique).

Le centre est situé à Mons, non loin de l'université. Pour lui permettre de prendre de l'expansion, on prévoit de le transférer dans un autre bâtiment en zone industrielle. En plus du centre principal, il existe trois centres secondaires (ou centres d'enseignants) installés à Liège, Bruxelles et Bastogne, chacun animé par un enseignant sous le contrôle général du centre principal.

Comme on l'a déjà indiqué, le centre fonctionne dans des locaux adaptés. On a pu y installer des ateliers de menuiserie, de travail des métaux, de finition et de montage, une aire de stockage, un bureau de dessin et un atelier d'imprimerie, des bureaux et un garage. L'entrepôt offre assez de place pour l'exposition des produits.

Le centre s'occupe de la fourniture d'appareils et de matériel pour tous les niveaux d'enseignement scientifique jusqu'à l'université non comprise et, plus particulièrement, pour l'enseignement secondaire (écoles normales, écoles techniques et écoles secondaires). Il dessert environ 500 établissements d'État.

Le personnel spécialisé du centre comprend le directeur, trois professeurs de physique, deux professeurs de chimie, sept professeurs de biologie, trois instituteurs d'école primaire et deux instituteurs d'école maternelle.

Compte tenu du personnel administratif et technique, le centre emploie une cinquantaine de personnes, y compris les temporaires engagés pour faire face à des impératifs de production. Les enseignants du centre y ont été nommés une fois pour toutes ou sont détachés par leur établissement pour un, deux, ou trois ans. Les personnes détachées sont recrutées pour un domaine bien précis (la biologie, par exemple), selon les besoins du centre.

Les activités peuvent se résumer ainsi : achat de matériel ; création et production de matériel ; production d'imprimés ; formation continue des enseignants ; réparation et entretien du matériel.

Achat de matériel

Les activités se rapportant à l'achat sont très semblables à celles du centre de Gand.

Création et production de matériel

Le centre recueille des idées et des propositions parmi les enseignants en exercice et au sein de son propre personnel et il crée des prototypes qui sont soumis à la commission des achats. Le nécessaire de physique, par exemple, est logé dans un placard (lui aussi fabriqué par le centre) et ses éléments sont présentés sur différents plateaux par « thèmes », accompagnés de fiches à l'usage des élèves, permettant tout un éventail de recherches. Le centre fabrique surtout des éléments en bois, et quelques-uns en métal et en verre ; les autres éléments des prototypes proviennent de surplus de l'État ou de rebuts industriels.

Production d'imprimés

Le centre consacre beaucoup d'efforts à la préparation et à l'impression de manuels destinés aux enseignants concernant le mode d'emploi du matériel fourni aux écoles. Il publie aussi des bulletins sur la sécurité des laboratoires de chimie ou l'utilisation des produits chimiques dangereux, par exemple.

Réparation et entretien du matériel

En règle générale, dans la mesure du possible, le matériel scolaire est réparé sur place. Les établissements où l'enseignement des sciences tient une grande place ont généralement des techniciens de laboratoire formés sur le tas avec l'assistance du centre, car il n'existe pas de programme national de formation à leur intention.

Formation continue des enseignants

Conjointement avec l'Inspection, le centre organise des stages de formation à l'intention des professeurs de sciences, généralement une ou deux fois par an et par discipline ; ces stages durent de un à trois jours selon le sujet. Ils sont gratuits et ont lieu pendant le temps scolaire. L'Inspection tient une liste des stagiaires, ce qui incite les enseignants à s'inscrire.

Troisième partie

La formation des enseignants et des techniciens au travail de laboratoire et aux activités pratiques de l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école

Résumé des débats des séances plénières et des groupes de travail

Enseignants

La formation préalable des enseignants comprend l'apprentissage de leur discipline, l'étude des principes pédagogiques et l'acquisition d'une série d'aptitudes qui, pour le professeur de sciences, englobent non seulement la maîtrise de la classe et l'art d'exposer le cours, mais aussi la gestion du laboratoire et l'utilisation d'appareils parfois peu familiers. Dans certains cas, les questions pratiques de base sont négligées. Rares sont les programmes de formation à l'enseignement des sciences qui prévoient, par exemple, une initiation à l'utilisation, à l'entretien et au catalogage des appareils. Or de bonnes connaissances en gestion assurent à ce niveau l'utilisation efficace d'installations coûteuses et constituent, en soi, une bonne formation.

Dans de nombreux pays en développement, la majorité des étudiants en sciences qui obtiennent un diplôme d'enseignement supérieur entrent dans l'enseignement. Cependant, il est rare qu'ils gardent de leurs années à l'université ou au collège universitaire l'exemple d'une pratique saine de l'enseignement. On accorde souvent plus de valeur à la recherche qu'aux compétences pédagogiques, à la théorie qu'à la pratique, aux démonstrations devant le tableau noir qu'aux expériences en laboratoire. Le faible coefficient attribué à ces dernières dans les examens montre bien en quelle estime on les tient. Et lorsqu'il y a des travaux pratiques, les étudiants, comme les professeurs, préfèrent utiliser des appareils sophistiqués et complexes plutôt que des matériels simples.

Les personnels appelés à former les enseignants sont souvent recrutés parmi des spécialistes connaissant leur sujet, mais n'ayant aucune expérience de l'enseignement en situation scolaire. Il faut suivre des cours pour devenir professeur d'université ou assistant, mais on peut se demander : « Qui forme les professeurs d'écoles normale et normale supérieure ? » Des manuels ou du matériel pour la formation des maîtres pourraient être utiles à cet égard.

La formation en cours d'emploi est un complément essentiel de la formation initiale des enseignants. Les inspecteurs, les conseillers et les « experts » extérieurs ont un rôle à jouer. Ces derniers sont souvent plus écoutés que les fonctionnaires locaux. Les initiatives locales sont cependant indispensables pour déclencher la réaction en chaîne dans laquelle un enseignant compétent transmet ses connaissances aux autres. Lorsque la population est clairsemée, il est particulièrement difficile d'élever le niveau de l'enseignement des sciences. Les visites sont rares, le matériel est difficile à distribuer et à entretenir et des problèmes parfaitement mineurs peuvent rester sans solution s'il n'y a personne à proximité à qui on puisse s'adresser. Lorsque tel est le cas, il est possible d'organiser des programmes de formation reliés par un service radiophonique national, afin de diminuer autant que faire se peut le sentiment d'isolement.

Techniciens

Des techniciens qualifiés peuvent contribuer grandement au fonctionnement harmonieux et efficace des laboratoires, tant dans les écoles que dans les collèges et universités. Malheureusement, ils sont très rares. Et, souvent, ceux qui acquièrent des qualifications de haut niveau quittent l'enseignement, attirés par les salaires plus élevés qu'offre l'industrie. Un pays a tenté de remédier à cette situation en mettant sur pied un cours de formation permettant de passer, par des exercices tout à fait spécifiques à la situation scolaire, du grade relativement peu qualifié d'assistant de laboratoire au grade de technicien de laboratoire. Il est encore trop tôt pour dire si l'on réussira par cette tactique à retenir les techniciens dans l'enseignement.

Il peut être intéressant d'envoyer un noyau de techniciens dans les pays étrangers ayant une longue expérience de la formation de ces personnels à un niveau approprié. Un mécanisme qui leur permette de transmettre l'expérience acquise doit ensuite être mis en place.

On peut envisager des cours à l'échelon national et régional. En outre, une sorte d'atelier mobile, installé par exemple dans un minibus transformé, peut jouer le rôle de centre itinérant et permettre à un technicien de faire profiter de ses compétences plusieurs établissements scolaires.

Distribution, réparation et entretien du matériel

Il est souvent commode de livrer les appareils dont les écoles primaires et secondaires ont besoin sous forme d'ensembles ou de jeux de matériel. Les articles sont alors bien définis et la fourniture d'informations et de modes d'emploi en est facilitée. Des problèmes peuvent se poser dans la distribution du matériel aux écoles. Dans chaque région, il conviendra de rechercher qui, de l'État, du système éducatif ou des livreurs professionnels, offre le service le moins onéreux et/ou le plus efficace.

A moins d'avoir une formation spéciale, la plupart des enseignants ne peuvent réaliser que les réparations les plus simples. Ils ont besoin d'être épaulés dans ce domaine. La formation en cours d'emploi est une solution évidente, mais des manuels d'instructions rédigés de façon simple sont aussi très utiles. Il faudrait en outre encourager les enseignants à obtenir le concours des artisans locaux, qui sont souvent extrêmement compétents.

L'amélioration de l'enseignement scientifique et technique passe avant tout par le professeur. Comme on l'a vu dans la première partie, il importe que la formation des enseignants évolue en même temps que les programmes et que les enseignants participent, à tous les niveaux, aux modifications apportées à ceux-ci. Dans le système actuel de formation initiale des enseignants, il semble qu'on néglige tout ce qui concerne l'utilisation, l'achat et l'entretien du matériel, ainsi que les règles fondamentales de gestion d'un laboratoire. Cela tient peut-être à l'ignorance des formateurs. Mais cette lacune accroît encore l'importance de la formation continue des enseignants.

Le premier article de la présente partie traite de la formation des enseignants en relation avec les programmes d'enseignement et les moyens disponibles et avec le rôle des travaux pratiques dans la réalisation des objectifs de l'enseignement des sciences.

La formation des professeurs aux activités pratiques de l'enseignement des sciences

Jeffrey Kirkham

L'héritage du passé

La place des sciences dans les programmes scolaires a considérablement évolué au cours des dernières décennies. Dans un monde où la plupart des sociétés sont de plus en plus influencées par la science et la technologie, il semble bien que cette évolution se poursuivra non seulement pour former les scientifiques, les ingénieurs et les techniciens de demain, mais aussi pour que la société en général soit à même de juger de façon rationnelle des grands problèmes relatifs aux ressources naturelles et à la technologie.

Il y a une vingtaine d'années à peine, les « leçons de choses » étaient pratiquement le seul enseignement scientifique dispensé à l'école primaire, de façon formelle ou informelle. Il s'agissait habituellement d'activités saisonnières axées sur l'observation et un classement simple. A l'école secondaire, l'enseignement des sciences s'adressait surtout aux élèves qui avaient l'intention de poursuivre des études supérieures préparant à des professions scientifiques. Les programmes étaient le plus souvent axés sur l'acquisition de connaissances et les quelques séances de travaux pratiques servaient à « prouver » ou « démontrer » les relations enseignées pendant les cours théoriques. L'enseignant pouvait se contenter de procéder de temps en temps à quelques démonstrations et de faire faire aux élèves quelques expériences de routine. Ces expériences devaient leur permettre d'apprendre à manipuler avec précision des appareils, mais n'étaient pas vraiment considérées comme un moyen de transmission des connaissances. L'enseignement était fortement didactique, directif et placé sous le contrôle du professeur. Tout le programme subissait l'influence prépondérante des examens et des manuels.

De plus en plus des enseignants, des éducateurs et des chefs d'entreprise se sont dit que cette situation devait changer. Au début des années 60, on a assisté partout dans le monde à une évolution qui allait transformer radicalement la conception des travaux pratiques et de leur fonction.

Les changements

Il est apparu plus clairement que les programmes devaient être centrés sur l'activité des élèves eux-mêmes dont les caractéristiques ont été mises en relief lorsqu'il s'est agi d'introduire l'enseignement des sciences à l'école primaire.

« Les enfants sont des expérimentateurs spontanés ; leur vive curiosité s'exerce sur tout ce qui les entoure, êtres vivants ou objets inanimés. Cette réaction à leur environnement, ils tentent de l'exprimer de façon concrète. Il arrive que ce soit en manipulant le matériel qui leur permettra de résoudre quelques-uns de leurs problèmes. Ou bien, s'ils n'ont pas de matériel approprié à leur disposition, ils utiliseront tout ce qui leur tombera sous la main pour se rapprocher de la réponse qu'ils recherchent. La science consiste justement à dégager des principes de manipulations concrètes propres à conduire à des découvertes[1]. »

Dans ces phrases, les mots clés sont « expérimentateurs spontanés », « vive curiosité », « exprimer de façon concrète », « manipulation », « leurs problèmes » et « la réponse qu'ils recherchent ». Si c'est la connaissance que nous visons, l'élève doit se comporter scientifiquement (ou en scientifique) pour que l'enseignement des sciences ait un sens à ses yeux. On peut dire que les scientifiques sont des gens qui affrontent la nature, qui l'obligent à révéler ses secrets, qui croient qu'elle est compréhensible. Ce que la nature nous révèle, nous l'appelons « connaissance scientifique ». Si c'est cette recherche qui (comme le scientifique) nous

1. Nuffield Foundation, Science Teaching Project, *Apparatus : A source book of information and ideas,* London, Collins, 1967.

intéresse, le rôle des travaux pratiques apparaît sous un jour totalement différent. La participation active de l'élève prend une importance capitale et devient indispensable à son apprentissage.

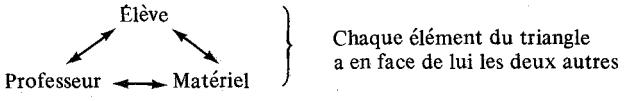
Les citations suivantes, qui mettent l'accent sur la participation de l'élève, sont extraites d'un texte de présentation des programmes scolaires qui date de cette période de changement.

« Notre premier principe est que l'enfant doit avoir des choses une expérience directe aussi variée que possible. Il faut absolument qu'il les manipule et qu'il apprenne aussi à les connaître par l'ouïe, l'odorat et le goût quand c'est faisable. On ne saurait surestimer la valeur de cette expérience que rien ne remplace[1]. »

« D'une manière générale, il est souhaitable que l'élève manipule lui-même le matériel chaque fois que c'est possible, qu'il ait un contact direct avec la physique (la science), qu'il fasse l'expérience de la découverte personnelle. L'expérience constitue l'essence même de la physique (de la science) et chaque fois que cela est possible il faut réaliser les expériences avec des élèves travaillant individuellement ou en petits groupes[2]. »

« Il faut développer les activités pratiques reposant sur l'observation et l'expérimentation utilisées comme moyens de découverte et pour résoudre des problèmes et non pour vérifier simplement des faits déjà établis. Il convient d'encourager les travaux pratiques qui tendent à la formation d'hypothèses et à la vérification de leur bien-fondé[3]. »

Il est nécessaire de concevoir le rôle de l'enseignement scientifique comme une interaction triangulaire entre professeur, élève et matériel.



Pour que ce modèle fonctionne, le professeur ne doit pas seulement se considérer comme un enseignant : il a aussi à jouer un rôle d'organisateur d'analyste et de direction. L'élève doit apprendre à se fier à ses propres observations plutôt qu'aux affirmations du professeur et à l'« infaillible manuel ». Les théories scientifiques ne doivent être que des modèles de travail qu'on rejette quand ils ne correspondent plus aux observations.

Avant d'étudier la meilleure manière de former les enseignants aux activités pratiques, il convient donc de s'interroger sur la fonction de ces dernières.

Les buts

Il est clair que les buts de l'enseignement devraient favoriser un mode d'approche concret[4]. Il importe également de prévoir une procédure systématique d'évaluation de ces buts. De plus, le professeur doit comprendre et apprécier les buts en question et les incorporer au programme d'enseignement, de même que leur évaluation.

Avant d'entrer dans le détail, il faut se rappeler que l'étude des sciences doit être considérée comme faisant partie intégrante du développement global de l'élève. Il ne faut pas concevoir le programme de sciences isolément, mais dans la perspective plus vaste de l'enseignement en général. Le développement social et linguistique de l'élève, notamment, relève partiellement de l'enseignement scientifique. L'évaluation de l'élève qui, en sciences, travaille seul ou en groupe, constitue une partie importante de son évaluation globale. Les élèves devraient être incités à discuter des conséquences du travail qu'ils accomplissent ensemble. En les encourageant à comprendre le pourquoi et le comment de ce qu'ils observent, on favorisera entre eux la communication et les incompréhen-

1. Nuffield Foundation, Science Teaching Project, *Teacher's guide,* London, Collins, 1967, 2 vol.
2. Nuffield Foundation, Science Teaching Project, *Physics, I ; Guide to experiments,* London, Longmans ; Harmondsworth, Penguin, 1966.
3. Science Masters Association, *Science and education — a policy statement,* London, Murray, 1957.
4. Schools Council Integrated Science Project, *Patterns/teacher's handbook,* [Harlow] Longman ; Harmondsworth, Penguin, 1973.
   Les buts du projet sont définis comme suit : 1. *a)* Rappeler et *b)* comprendre les raisons de poursuivre des études scientifiques (physique, chimie, biologie ou sciences naturelles) de niveau élevé ou de faire des sciences un passe-temps ; 2. *a)* Rappeler et *b)* comprendre les modèles qui présentent de l'importance pour les scientifiques ; 3. Faire une évaluation critique des informations disponibles, de quelque source que ce soit, pour arriver à formuler ou extraire des modèles ; 4. Utiliser les modèles et procéder à une évaluation critique des informations disponibles pour *a)* résoudre des problèmes scientifiques et *b)* arriver à des jugements rationnels ; 5. Dégager et formuler des principes pour les communiquer à d'autres ; 6. Comprendre la signification de la science pour le développement technique, social et économique et ses limites ; 7. Être précis dans le compte rendu d'un travail scientifique ; 8. Imaginer et réaliser des expériences simples, au laboratoire et ailleurs, pour résoudre des problèmes précis, tout en faisant preuve de persévérance, même dans les autres activités d'apprentissage ; 9. Être prêt à travailler *a)* seul et *b)* en groupe ; 10. *a)* Accueillir avec scepticisme les modèles proposés, mais *b)* être prêt à rechercher de tels modèles et à les mettre à l'épreuve des faits ; 11. Se préoccuper des applications des connaissances scientifiques au sein de la société.

sions seront mises au jour. Les enseignants pourront y trouver des indications pour organiser leur travail. On ne peut instaurer des conditions d'apprentissage favorables que si le professeur analyse ce que l'élève comprend et ne comprend pas. Pour que ces aspects apparaissent au grand jour, il faut encourager les élèves à discuter et à participer et prévoir à cet effet le temps nécessaire.

Les critères[1] suivants ont été proposés pour l'évaluation du développement des aptitudes scientifiques de l'élève ; ils conviennent à toutes les capacités et à tous les âges. Ils vont tous dans le sens d'une participation pratique de l'élève.

1. L'élève est-il observateur ? Plus exactement, voit-il tout ce qu'il y a à voir, ou attend-il qu'on lui dise ce qu'il doit voir ?
2. Parmi ses observations, choisit-il celles qui se rapportent au problème posé ?
3. Recherche-t-il des constantes dans ce qu'il observe et est-il capable de relier ses observations à d'autres qu'il a faites précédemment ? Plus exactement, peut-il se souvenir d'autres observations qui vont dans le même sens ?
4. Essaie-t-il d'expliquer les constantes qu'il observe ? Quand il trouve plusieurs explications, essaie-t-il de les ranger selon un ordre de plausibilité ?
4. Est-il relativement habile, efficace et sûr dans son maniement du matériel ?
6. Est-il capable d'imaginer, ou de contribuer à imaginer, des expériences destinées à vérifier les explications qu'il peut suggérer aux constantes qui se dégagent de ses observations ?
7. Possède-t-il les aptitudes verbales et mathématiques suffisantes pour interagir avec ses camarades, son professeur et la documentation, écrite ou non, qui lui est soumise ?
8. Face à une situation nouvelle, réagit-il en se rappelant et en appliquant les règles générales et les données d'expérience déjà acquises ? Réagit-il de même en dehors du contexte scolaire immédiat ? Plus exactement, est-il capable d'établir le rapport entre ce qu'il a appris au cours de sciences et des situations extérieures ?

Pour que ces critères de jugement soient utiles, il est indispensable de mettre au point des expériences qui impliquent de la part de l'élève une véritable recherche et ne soient pas seulement destinées à vérifier l'existence de telle ou telle relation. Cette recherche devrait conduire à l'idée d'une relation ou d'un concept qui pourra apparaître par la suite comme une constante propre à telle ou telle catégorie de matériels expérimentaux ou d'interactions.

Les erreurs du passé

Naturellement, ces idées ne sont pas nouvelles. Au siècle dernier, quand le Royaume-Uni a tenté d'introduire les sciences dans les programmes scolaires, la connaissance scientifique était dans une phase de transition : d'un vif intérêt pour les applications de la science, on passait à l'amour de la science pour elle-même. Le texte imprimé est ainsi devenu le principal véhicule du savoir, d'où cette situation paradoxale : l'observation et l'expérimentation, moyens d'acquisition des connaissances, devenaient objet de lectures plus que de pratiques[2]. Armstrong[3], tentant de réagir contre cette tendance, défendit en 1898 la méthode heuristique d'enseignement, qui consiste à faire en sorte que les enfants découvrent les choses par eux-mêmes. Armstrong fut chargé d'élaborer des programmes d'observation expérimentale et d'études pratiques. Vers 1910, ces méthodes étaient devenues chose courante. Mais, vers 1920, elles commencèrent à tomber en défaveur à cause de leur « lenteur » et de leur « inefficacité », leurs adversaires faisant valoir qu'il ne servait à rien de « redécouvrir la roue ». Le rapport Thomson[4] ajouta encore du poids aux critiques en déclarant qu'un élève ne devait pas s'attendre de redécouvrir, pendant ses heures de classe, tout ce qu'il était censé savoir.

Il est donc important que les enseignants soient aussi nombreux que possible à prendre conscience de la philosophie qui doit présider à l'enseignement scientifique dans ses rapports avec l'apprentissage des élèves, à y croire et à la comprendre. Il faut donc opérer dans un cadre qui soit compréhensible et dont l'efficacité soit visible, cadre qui devra être clairement défini dans les programmes de formation initiale ou continue destinés aux enseignants et en colorer tous les aspects.

Les besoins de l'enseignement primaire

L'aptitude d'un élève à apprendre dépend de son expérience antérieure. Celle-ci doit donc être aussi

1. *Curriculum 11-16. Working papers by HM Inspectorate : A contribution to current debate,* Londres, HMSO, 1977.
2. D. Layton, *Science for the people : the origins of the school science curriculum in England,* Londres, Allen & Unwin, 1973.
3. E. W. Jenkins, *From Armstrong to Nuffield : Studies in Twentieth Century science education in England and Wales,* Londres, Murray, 1979.
4. *National science in education,* Londres, HMSO, 1918.

riche que possible. Dans l'enseignement primaire, les sciences et la découverte personnelle ont de la valeur en soi, mais elles déterminent aussi dans une grande mesure ce qui se passera au niveau secondaire. Habituer les jeunes enfants à utiliser pleinement leurs sens est, à cet égard, capital. Ce processus doit être perçu dans la perspective générale du développement linguistique, mathématique et psychomoteur de base de l'enfant et non pas isolément. L'exploration de l'environnement immédiat et un intérêt croissant pour la recherche personnelle sont les clés d'un développement par l'expérience directe.

Quand on forme des instituteurs à ce genre de travail, il faut compter avec deux problèmes majeurs : la plupart n'ont qu'une compréhension limitée des sciences (et cette compréhension, lorsqu'elle existe, ne se situe généralement pas dans le contexte d'application envisagé), de sorte qu'ils hésitent à dispenser un enseignement ouvertement scientifique. Pour beaucoup d'instituteurs, un tel enseignement ne peut être que formel, comme celui qu'ils ont reçu, et ils estiment avec raison que pareil enseignement ne convient pas à l'école primaire. Pour convaincre l'instituteur de l'intérêt des sciences à ce niveau, il faut procéder avec doigté.

Quels programmes de formation pédagogique faut-il donc envisager ? Les stages de formation dans lesquels on essaie de convaincre un grand nombre d'enseignants d'organiser des jeux et des expériences scientifiques simples avec les éléments les plus divers (air, eau, aimants, électricité) ne donnent généralement de résultats qu'auprès de quelques-uns d'entre eux. Pour les autres, le programme prévu est trop lourd. Il dépasse souvent leur propre compréhension et ne tient pas compte de la situation scolaire réelle dans laquelle ils exercent. Pour convaincre la majorité des instituteurs, il faut partir de matériel et d'idées qui leur sont familiers, encourager leurs premiers succès et les amener peu à peu à les approfondir et à les développer. Il faut aussi aborder de front les problèmes et les difficultés, réels ou imaginaires, que beaucoup d'instituteurs connaissent.

Il est capital d'arriver à obtenir du maître qu'il parvienne, encadré par ses formateurs, à développer ses propres facultés d'observation et d'expérimentation, sur la base de son travail actuel. Tout cela prend du temps et une méthode qui réussit auprès d'un groupe ne réussit pas toujours avec un autre. C'est aux enseignants eux-mêmes de discerner dans le travail de leurs élèves le moment où il convient de les encourager et de susciter chez eux une observation et une expérimentation plus critiques. De tels moments se présentent presque toujours à l'occasion de travaux personnels des élèves ou de leçons de mathématiques concrètes. Le maître doit pouvoir mettre à profit le potentiel qu'offrent beaucoup d'activités. Il n'apprend pas du jour au lendemain à passer d'une question que pose un élève à une étude ou une expérience intéressante, mais c'est là que réside un des principaux modes d'approche rationnels de la découverte pratique.

On ne saurait surestimer, en la matière, l'importance du chef d'établissement[1] dont le rôle est capital pour instaurer à l'école primaire un climat favorable à une telle évolution. Avant d'essayer de convaincre les maîtres de la nécessité d'un enseignement pratique des sciences, il faut organiser des stages pour convaincre les chefs d'établissement.

Les études de cas, dans une école donnée, sur la mise en œuvre des méthodes fondées sur la découverte peuvent être utiles dans les programmes de formation pédagogique, surtout quand elles sont présentées par des instituteurs qui ont éprouvé eux-mêmes des difficultés dans l'organisation d'activités scientifiques. On peut étudier sur ordinogrammes la façon dont certains instituteurs ont réussi à initier de jeunes enfants au travail expérimental, ce qui aidera leurs collègues à comprendre en quoi doit consister l'enseignement des sciences à l'école primaire et leur fournira des idées sur le matériel à étudier et la manière d'amorçer naturellement cette étude.

Les écoles primaires devraient s'attacher à mettre au point une bonne organisation matérielle[2] qui encourage la participation des élèves. Beaucoup d'enseignants désireux d'introduire les sciences dans le primaire n'y sont pas arrivés par manque d'organisation. Ils n'arrivaient pas à trouver au moment voulu le récipient, la longueur de fil ou la loupe qu'il leur fallait et laissaient ainsi passer l'occasion offerte. Cet échec, lorsqu'il se répète, a inévitablement des conséquences préjudiciables.

L'implantation d'un centre scientifique scolaire pour l'enseignement primaire, dirigé par exemple par un enseignant, peut favoriser dans une mesure appréciable l'introduction des sciences dans les écoles de la

1. *The role of the headteacher,* Hatfield, Herts., Association for Science Education (ASE), 1974 (Science and primary education papers, n° 2).
2. *A post of responsability,* Hartfield, Herts., Association for Science Education (ASE), 1976 (Science and primary education papers, n° 3).

région. Le centre peut offrir de la documentation et du matériel[1], parmi lequel quelques appareils complexes et une grande variété d'articles simples. Si le centre a les moyens d'acheter un stock suffisant d'appareils complexes, il peut en prêter aux écoles pour des périodes limitées afin d'accroître leurs possibilités d'action. Le responsable du centre peut glaner des idées dans les écoles, offrir de la documentation sur des études de cas et exposer les travaux réalisés par des élèves sur des sujets donnés. (Les expositions scientifiques scolaires sont aussi un bon moyen d'encourager les instituteurs à entreprendre eux-mêmes certains travaux scientifiques et ouvrent des horizons plus larges à ceux qui ont déjà commencé.) Le responsable du centre peut donner aux enseignants et aux écoles des idées et des conseils sur le matériel et les ressources, organiser et diriger des stages de formation pour les maîtres et assurer la liaison avec d'autres enseignants, de disciplines scientifiques ou générales.

Les professeurs de sciences de l'enseignement secondaire peuvent jouer un rôle précieux de soutien de l'enseignement des sciences à l'école primaire en fournissant des idées et du matériel. Des discussions ou de simples réunions d'étude permettant de recueillir les résultats de l'expérience des instituteurs contribuent souvent à renforcer la confiance, l'enthousiasme et la participation. On veillera cependant à ce que le professeur ne se borne pas à présenter, à l'usage de l'école primaire, une version simplifiée de ce qui se fait dans le secondaire. L'enseignement primaire exige une approche spécifique.

Les besoins de l'enseignement secondaire

Dans le secondaire, les professeurs de sciences ont des besoins différents : on peut présumer en effet qu'ils ont un bagage scientifique et une compréhension des méthodes scientifiques. S'ils ne remplissent pas ces conditions, il faut absolument leur donner une formation intensive[2]. Tout groupe de professeurs de sciences qui envisage les modalités du travail expérimental se trouve confronté à deux problèmes fondamentaux : d'abord, comprendre les buts[3] de ce travail expérimental et les méthodes d'évaluation qui lui sont propres ; ensuite, maîtriser toutes les activités expérimentales nécessaires à un enseignement intégré des diverses disciplines scientifiques.

Au cours de l'histoire de l'enseignement des sciences, le rôle des travaux pratiques a évolué. Il importe donc de clarifier leur place au sein du futur programme. Il importe également de voir à quels buts ils tendent dans le contexte plus large du développement général de l'élève et de veiller à ce que ces buts soient en rapport avec la vie quotidienne.

Par « buts » et « objectifs » de l'enseignement des sciences, il ne faut pas entendre de simples considérations de théorie pédagogique planant bien au-dessus des réalités : ils sont à la base même des décisions que l'école ou le professeur est appelé à prendre semaine après semaine. Les enseignants doivent donc comprendre les buts et les objectifs précis d'un programme régional ou national. Si, d'autre part, les enseignants mettent sur pied un nouveau programme, il faut que les buts en soient d'emblée clairement définis et, ensuite, que les objectifs soient partout évidents. De même, les méthodes de notation doivent absolument refléter ces buts et ces objectifs, ce qui signifie essentiellement que chaque but doit être affecté d'un coefficient de pondération, afin d'assurer la cohérence des différentes évaluations et de l'ensemble du système. La qualité des méthodes de notation appliquées lors des examens nationaux ou régionaux présente une importance particulière quand les résultats de ces examens sont déterminants pour la suite des études de l'intéressé ou pour sa vie professionnelle future.

Il existe une grande diversité de cours de formation pédagogique en matière de travaux pratiques scientifiques et le choix dépend des besoins individuels des enseignants intéressés.

1. *Using science apparatus : a guide for teachers,* New York, Unicef, 1974.

2. J.T. Haysom et C.R. Sutton (dir. publ.), *Science teacher education project : Innovation in teacher education,* Londres, McGraw-Hill, 1974 ; *Theory into practice,* présenté par J.T. Haysom et C.R. Sutton, 88 p. (ouvrage fondamental pour les étudiants, les stagiaires et les responsables de stages pédagogiques dans les établissements scolaires) ; *Activities and experiences,* présenté par J.T. Haysom et C.R. Sutton (Guide pour enseignants) ; *Through the eyes of the pupil,* présenté par C. Carre et J. Head, 81 p. (recueil commenté de compositions d'élèves sur la science) ; *The art of the science teacher,* présenté par C.R. Sutton et J.T. Haysom, 163 p. (ouvrage destiné aux enseignants et aux étudiants, passant en revue les principaux aspects des études professionnelles). Ces publications sont conçues pour la formation initiale des professeurs de sciences, mais peuvent servir, à bien des égards, pour la formation continue.

3. *Guide de l'Unesco pour les professeurs de sciences,* Paris, Unesco, 1981 ; London, Heinemann ; New York, Unipub, 1980.

Familiarisation avec les matériels et les techniques[1]

Lorsqu'un nouveau matériel est mis au point, il est particulièrement important que les enseignants aient la possibilité de se familiariser avec lui non pas simplement en l'examinant, mais en effectuant un certain nombre de manipulations. Ils doivent aussi se faire une idée des limites et difficultés inhérentes à chaque article, surtout du point de vue de l'élève. Le matériel scolaire doit être conçu dans l'idée qu'il sera manipulé par des mains inexpertes : la simplicité s'impose.

Des expériences nouvelles ne signifient pas nécessairement un matériel nouveau, mais elles peuvent exiger des compétences et des techniques nouvelles. Là encore, les enseignants ont besoin de temps pour se familiariser avec ces exigences.

Méthodes de notation des travaux pratiques

Si les travaux pratiques jouent un rôle important dans l'enseignement des sciences, il est naturel d'évaluer dans quelle mesure les buts auxquels ils tendent sont atteints. La notation doit être faite au moment du travail de l'élève. Il s'ensuit donc que le professeur optera soit pour le contrôle continu, soit pour une série d'épreuves pratiques organisées à un certain stade de l'enseignement. Pour que les notes puissent compter pour un examen national ou régional, elles doivent être normalisées. A cet effet, il faut consacrer beaucoup de temps à la compréhension et à l'interprétation des critères de notation.

Il est possible de parvenir à cette normalisation et à une meilleure compréhension des objectifs visés au moyen d'essais de notation qui peuvent revêtir diverses formes, mais se ramènent à ceci : quelques enseignants, qui auront à noter des épreuves internes à l'établissement, procèdent à un exercice de simulation (en notant soit un compte rendu écrit, soit un enregistrement vidéo d'une épreuve pratique passée par un élève, selon un ensemble de critères). On recueille les notes attribuées à chaque élément de l'épreuve et l'on en fait la moyenne. Chaque notateur calcule l'écart type entre la note qu'il a donnée et la note moyenne du groupe. Ceux dont la note sort des limites d'un intervalle convenu sont invités à s'expliquer ; s'ils se retrouvent chaque fois dans cette situation, on les déclare inaptes à la notation. Les discussions et les débats auxquels donnent lieu les critères appliqués permettent de jeter la lumière sur les objectifs et éclairent leur interprétation.

Actualisation des enseignements

Il importe d'évaluer régulièrement les enseignements et d'en réviser les aspects qui n'atteignent pas leurs objectifs. C'est en encourageant les professeurs de sciences à se réunir pour discuter de sujets précis qu'on parviendra à effectuer ces changements. Les discussions ne sont pas seulement un moyen d'améliorer le contenu de l'enseignement, mais aussi l'occasion d'une certaine formation continue. On peut aussi inviter un enseignant imaginatif à expliquer la nouvelle méthode qu'il applique pour réaliser tel ou tel objectif, après quoi la discussion pourra révéler des stratégies pédagogiques différentes. Les enseignants se sentent encouragés et aidés quand des collègues plus habiles expliquent comment ils traitent tel ou tel aspect du programme. Des réunions de ce genre peuvent souvent être organisées au niveau local, ce qui facilite le suivi.

Stages de gestion et d'organisation

L'importance de la gestion et de l'organisation croît avec la taille du département de sciences et la quantité de travaux pratiques effectués. Pour ne pas surcharger de travail certains et ne pas donner à d'autres le sentiment que leurs talents ne sont pas appréciés, il convient de déléguer les responsabilités de manière à tirer le meilleur parti possible des compétences des professeurs de l'établissement ou du département considéré. Le travail d'équipe est efficace et utile. Le professeur principal du département a un rôle essentiel à jouer dans son fonctionnement. Il doit être capable de prévoir les problèmes avant qu'ils ne surgissent et de préparer les solutions et, en plus, de régler les problèmes quotidiens. C'est au professeur de sciences principal qu'il incombe de veiller à la bonne utilisation des services des techniciens de laboratoire et de s'assurer que ceux-ci sont considérés comme faisant partie de l'équipe.

Ces aptitudes à la gestion ne sont pas toujours enseignées aux futurs maîtres ; on peut d'ailleurs être bon professeur sans les avoir. Il importe donc de les développer au moyen de stages et de rencontres spécialement conçus à cet effet.

Supposons par exemple un programme d'initiation aux sciences durant deux ou trois ans, au cours duquel les élèves doivent effectuer une centaine d'expériences ; il faut qu'à n'importe quel moment de

1. *Nouveau manuel de l'Unesco pour l'enseignement des sciences*, Paris, Unesco, 1973.

la journée ou de l'année l'on puisse stocker un certain matériel pour telle expérience, le prendre, l'apporter au laboratoire, le faire manipuler par les élèves et le récupérer ensuite. Cela demande toute une organisation, exigeant beaucoup de temps et de réflexion.

Le laboratoire ne doit pas être considéré comme un endroit à part où s'effectue un travail sans aucun rapport avec le monde extérieur. L'enseignant aura soin d'établir continuellement un lien entre le laboratoire et l'industrie, la société et la famille. On peut renforcer ce lien au moyen d'activités pratiques se déroulant en dehors du laboratoire, qu'il s'agisse d'étudier l'environnement ou l'industrie locale. Ces études impliquent des problèmes d'organisation et de gestion qui leur sont propres et que les enseignants concernés devront résoudre.

Conditions nécessaires aux travaux pratiques

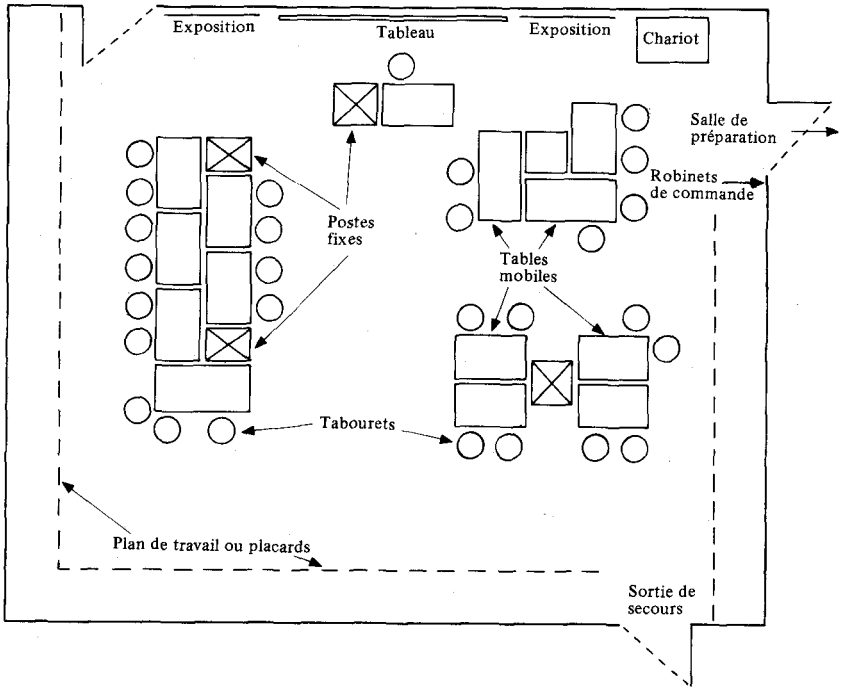
Les buts et objectifs définis n'ont d'intérêt que si l'on dispose des moyens nécessaires pour les atteindre. A cet égard, les travaux pratiques ont un rôle important à jouer pour autant qu'on ait prévu les installations, le matériel, les divers éléments et systèmes d'appui indispensables.

1. *Installations.* Les laboratoires scolaires doivent être équipés en fonction des travaux à y effectuer. L'espace et le mobilier sont fondamentaux. L'espace requis dépend du nombre d'élèves que le laboratoire doit accueillir à la fois, de leur âge (ou de leur taille), de leur niveau. Les classes d'un niveau assez avancé demandent plus de matériel et, donc, plus d'espace pour chaque élève. La formule suivante peut servir de guide déterminant la relation qui doit exister entre ces divers facteurs : $N=(A-B)/C$ ou $N=$ nombre maximal d'élèves ; $A=$ surface totale du laboratoire ; $B=$ surface occupée par le mobilier et l'équipement ; $C=$ surface occupée par élève.

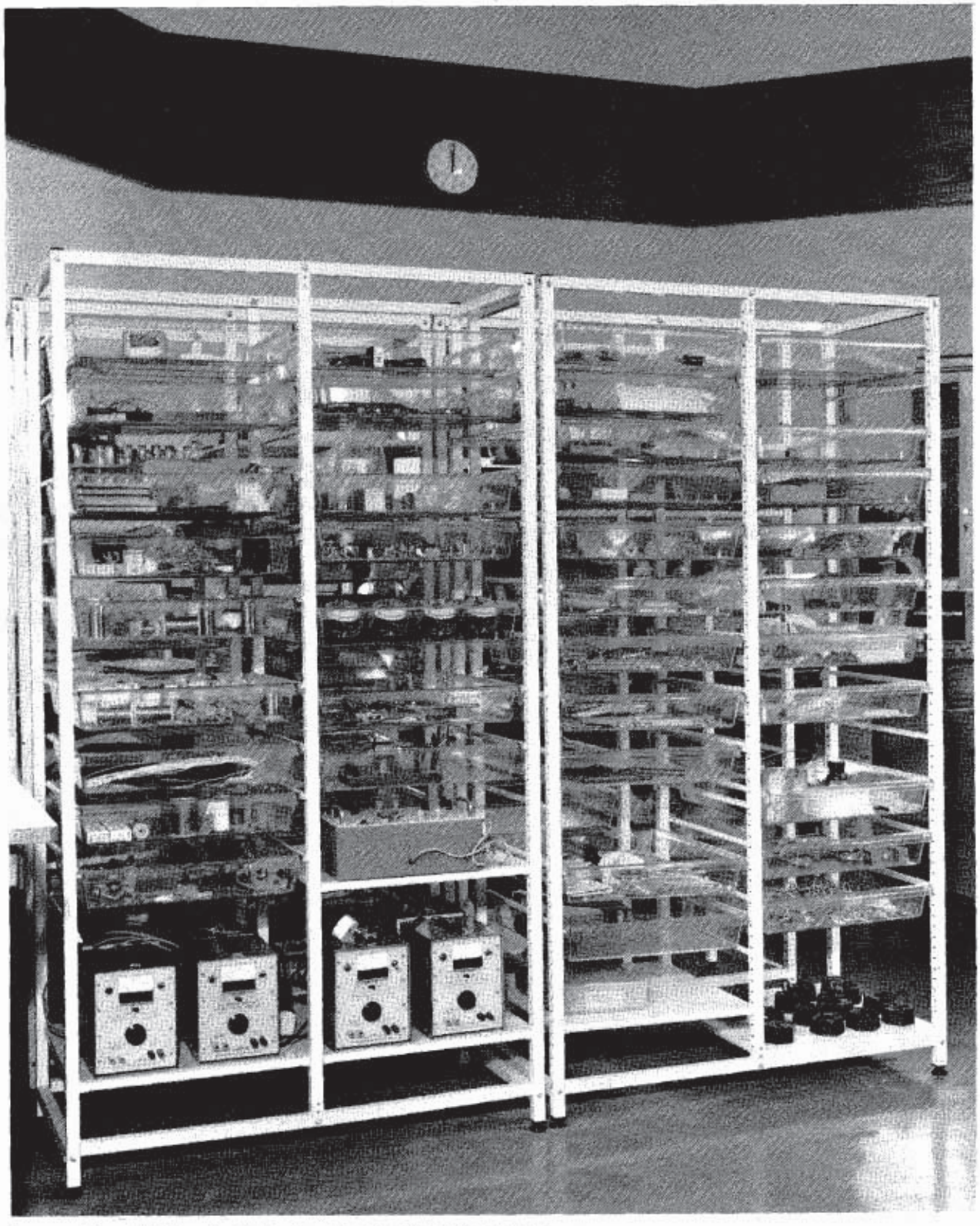
Valeurs recommandées : $2{,}5 < (A/B) < 4$; $C=2{,}5$ m² (pour les 11 à 13 ans) ; 3 m² (pour les 14 à 16 ans) ; 4 m² (pour les plus de 16 ans).

La disposition et le genre du mobilier dépendent des moyens d'alimentation en eau, gaz et électricité. Le plan doit être assez souple pour que les manipulations puissent s'effectuer individuellement ou par petits groupes. A certains moments, le professeur fera une démonstration exigeant une autre disposition du mobilier. Le système de postes d'alimentation répartis dans la salle et de tables solides, mais mobiles, semble commode. Si les dimensions des postes d'alimentation et des tables obéissent à un principe modulaire, ce système permet de multiples combinaisons.

Si l'école peut s'offrir un tel laboratoire, elle doit absolument veiller à ce qu'il soit régulièrement inspecté et entretenu. On veillera tout particulièrement à ce que les postes d'approvisionnement demeurent en bon état de fonctionnement et offrent



Plan de laboratoire montrant différentes dispositions des tables autour des bornes fixes.



Rangement du matériel dans la salle de préparation d'un laboratoire moderne.

de sécurité. Des conduits d'arrivée défectueux ou des tuyauteries bouchées peuvent rapidement réduire à néant les efforts de l'enseignant. L'installation de cet équipement doit être confiée à une personne compétente. Il doit également exister des robinets de commande clairement signalés permettant de débrancher une installation en cas de conduit d'arrivée défectueux ou d'accident.

2. *Matériel.* La mise au point d'un matériel adapté à l'usage des élèves ou pour les démonstrations doit correspondre aux exigences du programme. Il ne faut pas oublier que le matériel sera utilisé par des élèves sans expérience, qui ne sauront pas toujours s'en servir ou le monter correctement. Simplicité et robustesse sont indispensables à sa durabilité. Il existe trois grandes catégories de matériel : *a)* les appareils coûteux, d'une durée de vie normale assez longue (une dizaine d'années) ; *b)* les appareils et matériels peu coûteux ; *c)* les articles consomptibles. La mise en place d'un enseignement scientifique dans un établissement scolaire exige un budget considérable pour pouvoir acheter du matériel des trois catégories. Par la suite, ce sont les articles de la troisième catégorie qui seront les plus demandés, mais il ne faut pas oublier que ceux des deux premières catégories ne sont pas éternels ; il faut donc prévoir des fonds pour leur réparation et leur renouvellement.

3. *Techniciens de laboratoire.* Leur présence est nécessaire à l'efficacité des travaux pratiques. Préparer l'appareillage indispensable aux manipulations prend du temps. Le rassemblement des appareils après les séances, leur vérification, leur rangement, tout cela représente un gros travail. On a calculé qu'un technicien de laboratoire passe plus du quart de son temps à simplement réparer les articles endommagés ou usés et à nettoyer le matériel. De plus, il entretient les laboratoires et s'occupe du matériel vivant : son rôle est donc essentiel au succès d'un programme de sciences. Pour que son utilité soit maximale, le technicien doit recevoir une formation appropriée. (Un autre chapitre traitera de cet aspect.)

4. *Espaces de rangement et de préparation.* Pour pouvoir travailler efficacement, le technicien doit disposer de locaux adaptés et suffisants pour le rangement, la vérification et la réparation du matériel et d'installations convenables pour le lavage de la verrerie. Il y a, dans un département, plusieurs centaines d'articles différents et une organisation soigneuse du rangement s'impose pour pouvoir retrouver le matériel vite et facilement. Des installations spéciales[1] sont nécessaires pour les produits chimiques, en particulier les liquides inflammables, les acides et alcalis corrosifs, les produits hautement réactifs et les poisons.

5. *Sécurité*[2]. En principe, le professeur est capable de manipuler le matériel avec compétence et prudence, mais ce n'est pas toujours le cas des élèves. Il appartient à l'enseignant d'apprendre à ses élèves à respecter certaines règles de sécurité dans leur travail et, ce, dès leurs premiers contacts avec le laboratoire et l'utilisation du matériel. Il faut absolument que le règlement du laboratoire soit centré sur la sécurité des manipulations et la mise en garde des élèves contre les dangers qu'elles présentent et cette conscience du danger doit être constamment renforcée pendant toute la durée de l'enseignement. Chaque fois que les élèves se servent d'un article ou d'un produit chimique dangereux, il faut leur rappeler les risques encourus. Certaines études scientifiques du milieu naturel environnant peuvent elles aussi comporter quelques risques ; les enseignants doivent en prendre conscience et agir en conséquence.

6. *Dispositifs de sécurité.* Ils sont nécessaires lors de toute expérience dangereuse. Les hottes d'aspiration sont indispensables pour le maniement de produits chimiques dangereux ou toxiques. Des écrans de sécurité doivent être prévus pour la protection de l'enseignant et des élèves lors de l'étude de réactions violentes libérant une grande quantité d'énergie ou lorsqu'une expérience est réalisée à des pressions réduites ou, au contraire, élevées.

Les yeux doivent être spécialement protégés en cas de danger. Des porte-bouteilles spéciaux doivent être utilisés pour transporter les produits chimiques dangereux de la réserve au laboratoire ou inversement.

Toute salle de manipulation doit être équipée d'un nécessaire de pharmacie d'urgence. Les enseignants et

1. « Management and organisation of chemical storage » et « The storage and handling of flammable liquids », *Education in science,* Hatfield, Herts, Association for Science Education, septembre 1980.
2. *Safeguards in the school laboratory,* Hatfield, Herts, Association for Science Education, 1980 ; voir aussi les sept articles suivants publiés dans *Education in science,* avril 1979-1980 : « The labelling of chemicals », « Electrical safety », « Possible carcinogenic hazards », « Safety bibliography », « The use of pesticides in schools », « Chemistry experiments : Advice on safety », « Restricted chemicals ».

les techniciens devraient avoir des notions de secourisme et savoir ce qu'il convient de faire en attendant l'arrivée du médecin, surtout si l'école est située loin d'un centre médical. Des extincteurs appropriés et des couvertures doivent être disposés en des points stratégiques du laboratoire. Le personnel doit savoir s'en servir. Il faut aussi envisager des vêtements de protection pour les enseignants et les techniciens.

Systèmes d'appui

Dans beaucoup de pays ou de régions, le développement de l'enseignement scientifique a amené à créer des institutions d'appui pour conseiller les enseignants, leurs formateurs et les administrateurs scolaires. Ces institutions revêtent des formes diverses. Leur impact sur l'enseignement des sciences est considérable.

Il peut s'agir de centres[1] de mise au point et d'essai (voire de fabrication) du matériel scientifique scolaire, auxquels les enseignants imaginatifs peuvent communiquer leurs meilleures idées, ou qui peuvent renseigner les établissements sur les matériels les plus intéressants du commerce. De tels centres permettent d'éviter les achats inconsidérés et d'acquérir un équipement approprié.

Le programme de sciences n'est pas statique, mais en développement permanent. La science et la technologie évoluent de plus en plus vite. Contrairement à ce qui se passe dans d'autres disciplines, le contenu des programmes doit s'adapter à des situations nouvelles. La science a également un impact considérable sur la société, ce qui doit se refléter dans les programmes. La création de centres d'étude des programmes scientifiques peut donc être utile en empêchant les programmes de se fossiliser. Ces centres ont aussi un rôle important à jouer dans la formation initiale et continue.

La nomination de conseillers scientifiques aux niveaux régional et national peut être un moyen efficace de venir en aide aux établissements ainsi qu'aux commissions et aux administrateurs scolaires responsables de la répartition des fonds et du choix des orientations. Les conseillers peuvent également jouer un rôle décisif dans la formation continue et l'évolution professionnelle générale des professeurs de sciences.

Les associations professionnelles d'enseignants[2] ont aussi un rôle important : elles offrent aux enseignants l'occasion de discuter des programmes, elles les encouragent à se tenir au courant des idées nouvelles et les aident à garder bon moral. Dans certains pays, elles exercent une influence[3] sur l'orientation générale des programmes de sciences. Leur utilité apparaît non seulement dans leurs réunions et dans diverses formes de publications, mais aussi dans la vigueur et l'enthousiasme que mettent leurs adhérents à essayer d'appliquer les programmes de façon évolutive.

Partout dans le monde, le système d'examens et son mode de fonctionnement déterminent l'attitude des enseignants. Si l'on veut que les élèves apprennent à se conduire en scientifiques, les programmes et les procédés de notation doivent aller dans le sens de cet objectif. L'examen apparaît trop souvent comme l'ennemi plutôt que comme le prolongement et l'aboutissement du programme de sciences. Il doit être adapté aux méthodes et à l'esprit de l'enseignement. Les travaux pratiques ont un rôle éducatif capital à jouer dans le développement individuel de l'élève. S'ils ne sont pas pris en ligne de compte pour les examens ou si, au contraire, ils font l'objet d'une catégorisation trop étroite et sont standardisés, ce rôle éducatif disparaît. Il importe donc de leur donner leur juste place dans le système d'examens et de veiller avec soin à leur évolution.

Kirkham a donné un aperçu des différentes conditions auxquelles doivent satisfaire les professeurs et des compétences qu'ils doivent posséder pour que les travaux pratiques jouent un rôle efficace dans le processus d'apprentissage. A cette fin, la formation des enseignants doit évoluer vers des méthodes plus ouvertes, prenant en compte tous les aspects des travaux pratiques qu'ils impliquent. Le projet australien de formation des professeurs de sciences exposé dans l'article qui suit fait état d'une évolution en ce sens.

1. Scottish Schools Science Equipment Research Centre, 103 Broughton St., Edinburgh EH1 3RZ (Royaume-Uni).

2. *Handbook for science teachers associations,* Londres, Fédération internationale des associations de professeurs de sciences (FIAPS), 1978.

3. *Alternatives for science education : a consultative document,* Hatfield, Herts, Association for Science Education (ASE), 1979.

Approche suivie pour la mise en œuvre d'un projet de formation de professeurs de sciences en Australie [1]

Peter J. Fensham et Jeffery R. Northfield

Introduction : le développement d'une idée

La série d'activités associées à l'Australian Science Teacher Education Project (ASTEP) a débuté en 1973. Un contact établi dans sa phase de développement, en 1970-1971, avec le Nuffield Science Teacher Education Project (STEP), au Royaume-Uni, a été à l'origine d'un projet australien visant à obtenir la participation active des enseignants responsables de la formation des professeurs de sciences. L'intérêt initial suscité par ce projet semble avoir eu deux causes principales.

La première était que les matériels pédagogiques disponibles aux fins de l'enseignement postsecondaire, en particulier pour les programmes de formation des professeurs de sciences, n'étaient pas satisfaisants. Durant les années 50 et 60 beaucoup d'argent et d'efforts avaient été consacrés au développement de matériels pédagogiques dans le primaire et le secondaire et certaines idées nouvelles relatives à l'enseignement des sciences pouvaient faire des adeptes. Dans les programmes de formation des professeurs, cependant, en dépit de ces innovations au niveau de l'enseignement scolaire, le cours magistral semblait demeurer le principal moyen d'enseignement et les idées communiquées dans ces conditions restaient l'apanage du professeur ou de l'institution concernée. Peu d'encouragements ou de possibilités existaient pour faire profiter les autres des idées ou approches intéressantes qui étaient, sans aucun doute, mises en pratique dans les différents établissements d'Australie. Il semblait étrange d'initier les élèves-maîtres aux processus d'élaboration des programmes et à leurs résultats selon des méthodes qui semblaient ne tenir aucun compte des principes fondamentaux sur lesquels reposaient ces processus. Beaucoup de ces professeurs s'occupaient précisément de l'élaboration des programmes pour les écoles primaires et secondaires et semblaient pourtant incapables d'en appliquer les principes dans leur propre enseignement à l'intention des futurs professeurs.

La seconde source de l'intérêt manifesté pour le projet ASTEP est liée à ce qui précède. L'élaboration de matériels pédagogiques pour les programmes de formation de professeurs de sciences devait s'appuyer sur des conceptions saines de ces programmes et viser à transformer des étudiants en professeurs de sciences. Il aurait été possible de charger un groupe central de mettre au point les programmes de formation d'enseignants, mais il semblait préférable, pour un certain nombre de raisons convaincantes, d'intéresser un grand nombre de personnes à l'élaboration des programmes. Cette approche avait été utilisée au Royaume-Uni dans le cadre du projet STEP pour la production de matériels pédagogiques [2].

Ces matériels avaient été mis au point par douze groupes de travail composés de cinquante professeurs de sciences appartenant à trente établissements de formation d'enseignants. Un nombre encore plus important d'établissements avait participé à l'expérimentation de ces matériels. L'organisation centrale du STEP avait une fonction administrative et un rôle de soutien qui facilitaient la tâche des groupes de travail, auxquels participaient un sixième environ des responsables de la formation des professeurs de sciences au Royaume-Uni.

Description du projet

L'élaboration d'une approche attribuant à la « base » un rôle plus important encore dans la mise au point des programmes est devenue l'objectif principal du

1. Australian Science Teacher Education Project.
2. J. T. Haysom et C. R. Sutton (dir. publi.), *Science Teacher Education Project : Innovation in teacher education,* London, McGraw-Hill, 1974.

programme ASTEP[1]. Le développement professionnel et le brassage d'idées qui pouvaient résulter de la participation d'une proportion importante des responsables de la formation de professeurs de sciences en Australie semblent avoir été l'aspect qui a le plus intéressé les promoteurs de l'ASTEP, Denis Driscoll, aujourd'hui décédé, et Peter Fensham. La stratégie qu'ils ont utilisée pour obtenir une telle participation comporte trois phases distinctes.

Phase I. Établir un contact et éveiller l'intérêt

En 1972, une petite subvention de la Fondation Myer, en Australie, a permis d'établir les premiers contacts. Durant cette année, un certain nombre d'unités de matériel pédagogique du projet STEP, encore sous forme expérimentale, ont été généreusement mises à la disposition des utilisateurs intéressés par les responsables de ce projet et ont été utilisées en Australie dans plusieurs établissements de formation de professeurs. Des responsables de la formation de professeurs de sciences ont été invités à évaluer ces unités, à la lumière de leur expérience personnelle, en les classant en trois grandes catégories. Ces catégories étaient les suivantes : *a)* unités utilisables directement ou utilisables après une traduction simple effectuée pour des raisons évidentes (par exemple, l'accent dans les bandes audio) ; *b)* unités utilisables, mais après modification et adaptation, pour tenir compte du contexte australien ; *c)* unités non utilisables. Parallèlement à cette évaluation, il a été possible de recueillir beaucoup de suggestions et de renseignements utiles sur l'utilisation des matériels du STEP. Plus important encore pour le projet ASTEP, cette phase du projet a permis de trouver un certain nombre de responsables de la formation de professeurs de sciences qui étaient prêts à participer, ensemble, à un projet d'élaboration de programmes d'études.

Phase 2. Le développement de matériels

En 1973, quatorze équipes de rédaction ont été créées dans cinq des six États australiens. Chaque équipe comptait plusieurs membres et avait un chef à sa tête. Ces équipes ont été invitées à produire des unités de matériel pédagogique destinées à l'enseignement des sciences en Australie en s'inspirant du modèle du STEP. En février 1974, elles avaient produit trente-trois unités et le secrétariat central du projet, qui se trouvait au Canberra College of Advanced Education, a commencé à les faire imprimer et à les distribuer à divers établissements pour expérimentation. A ce stade, 75 % des établissements s'occupant d'enseignement des sciences participaient au projet et 50 % des responsables de la formation de professeurs de sciences participaient à la mise au point et/ou à l'évaluation des matériels ; les promoteurs du projet avaient atteint leur objectif principal, celui d'une large participation des responsables de la formation de professeurs de sciences. Il était important à ce stade de procéder à l'évaluation des unités.

Tableau 1. Nombre de fois où chaque « besoin » exprimé par les étudiants est pris en considération dans les unités ASTEP

« Besoin » auquel on s'est efforcé de répondre	Classement du « besoin » par les élèves-maîtres		Nombre de fois où le besoin a été mentionné dans les unités de la première génération	
	Avant expérience pratique de l'enseignement	Après expérience pratique de l'enseignement	Forme expérimentale	Dans les unités définitives
1. Avoir le sentiment que je serai à la hauteur de la situation devant mes élèves	1	3	13	21
2. Découvrir mes propres capacités	4	4	0	2
3. Avoir le sentiment que j'ai réussi, compte tenu des objectifs que je m'étais fixés	7	7	2	2
4. Faire une nouvelle expérience	9	8	4	8
5. Mettre de l'ordre dans mes idées et mes opinions personnelles et les exprimer	6	6	5	9
6. Être aimé et m'entendre avec les autres	10	10	0	1
7. Aider et être aidé	8	9	1	1
8. Avoir le sentiment que ma contribution est appréciée par les autres	11	11	4	4
9. Me considérer davantage comme un professeur	5	2	9	14
10. Avoir le sentiment d'avoir acquis des compétences pédagogiques pratiques	2	1	13	20
11. Avoir le sentiment d'avoir acquis une bonne compréhension :				
a) de ce que sont les élèves dans une salle de classe	3	5	*(a)* 5	10
b) de la matière scientifique			*(b)* 14	22

1. P. J. Fensham, J. R. Northfield et D. R. Driscoll, « ASTEP - A model for developing curriculum materials in teacher education », *South Pacific journal of teacher education,* vol. 2, 3, 1974, p. 5-11.

Tableau 2. Schéma du système d'évaluation des unités ASTEP de la « première génération » (forme expérimentale)

Source d'information	Information recherchée	
	Acceptabilité	Efficacité
1 *Évaluation basée sur l'expérimentation* (Information obtenue à la suite d'une expérimentation des unités réalisée par un responsable de la formation de professeurs de sciences)	Nature et qualité des matériels Intention en ce qui concerne l'utilisation future Importance des objectifs déclarés de l'unité Modifications ou additions suggérées	Motivation et réaction générale de l'étudiant en ce qui concerne l'unité Mesure dans laquelle l'unité répond aux besoins de l'étudiant Mesure dans laquelle les objectifs déclarés ont été atteints Modifications ou additions suggérées
2 *Évaluation par l'élève-maître* (Information obtenue à la suite d'une expérimentation de l'unité)	Intérêt et pertinence de l'unité	Intérêt et pertinence de l'unité Mesure dans laquelle l'unité répond aux besoins de l'étudiant
3 *Évaluation par un responsable de la formation de professeurs de sciences* (Information obtenue après lecture de l'unité-évaluation « sur le papier »)	Commentaires généraux sur la qualité et l'utilité de l'unité Importance des objectifs déclarés de l'unité Modifications ou additions suggérées	Mesure dans laquelle l'unité répondra vraisemblablement aux besoins de l'étudiant Mesure dans laquelle les objectifs déclarés seront vraisemblablement atteints Modifications ou additions suggérées
4 *Évaluation par des professeurs de sciences* (Commentaires formulés par des professeurs de sciences après lecture des unités ou participation à une expérimentation de certaines unités utilisables pour l'enseignement courant)	Possibilité d'utilisation dans l'enseignement courant Importance des objectifs déclarés pour la formation des professeurs de sciences Intérêt et utilité de l'unité Utilité de l'unité pour la préparation à l'enseignement Modifications ou additions suggérées	Possibilité d'utilisation dans l'enseignement courant Mesure dans laquelle les objectifs déclarés seront vraisemblablement atteints Mesure dans laquelle l'unité répondra vraisemblablement aux besoins de l'étudiant Utilité de l'unité pour la préparation à l'enseignement Modifications ou additions suggérées
5 *Évaluation par des experts* (Commentaires formulés par des personnes spécialistes de la matière traitée par une unité, mais ne connaissant pas nécessairement les problèmes de la formation de professeurs de sciences)	Importance des objectifs déclarés Opinion sur le contenu et l'approche suivie Modifications ou additions suggérées	Opinion sur le contenu et l'approche suivie Modifications ou additions suggérées

L'évaluation des unités de la « première génération » doit beaucoup à Lindsay Mackay, un Australien qui avait travaillé pendant une brève période de ce projet STEP au Royaume-Uni. Deux groupes de critères furent définis pour l'évaluation des unités ASTEP. Le premier consistait en une liste des « besoins identifiés » des élèves-maîtres, établie au Royaume-Uni et validée en Australie[1].

Cette liste des besoins des élèves-maîtres est présentée dans le tableau 1, accompagnée d'un classement effectué par les élèves-maîtres suivant l'importance qu'ils attribuent à ces besoins avant d'avoir fait l'expérience pratique de l'enseignement et après. Le nombre de fois où chacun des besoins considérés a été pris en considération dans les unités de la « première génération » (forme initiale et après révision) est également indiqué, ce qui a fourni une base utile pour la mise au point des unités de la « seconde génération » (voir la dernière colonne, pour l'importance donnée aux différents besoins dans les unités définitives de l'ASTEP).

Les objectifs pédagogiques définis pour chaque unité constituaient le second groupe de critères pour l'évaluation des unités de la « première génération ». En plus de ces critères, cinq mécanismes ont été établis pour recueillir différents types d'information (voir le tableau 2). L'évaluation avait pour rôle

1. F. R. Gunstone et L. D. Mackay, « The self perceived needs of science teachers », *South Pacific journal of teacher education*, vol. 3, n° 1, 1975, p. 44-51.

principal d'améliorer l'efficacité des matériels et l'intention était de communiquer aux groupes de rédaction l'information tirée de l'expérimentation des unités pour les guider dans leur révision. Un exposé complet du système d'évaluation a été présenté par ailleurs[1].

Phase 3. Inventaire et poursuite du développement des idées

La phase 2 s'est terminée par une évaluation de chaque unité et une récapitulation des enseignements de la première année d'expérimentation du projet. Les observations suivantes ont été faites.

1. Vingt-trois des trente et une unités de la « première génération » n'avaient aucune contrepartie dans les matériels du STEP. Il est apparu que le projet ASTEP faisait une plus large place aux unités relatives à la « nature de la science ».
2. Certains domaines importants de la formation des professeurs de sciences semblaient encore négligés. Le mandat initial confié aux participants avait permis d'aborder certaines des tâches les plus évidentes, mais il semblait utile et nécessaire à ce stade d'essayer de mettre au point des unités dans des domaines que les projets STEP ou ASTEP ne couvraient pas encore. Le tableau 3 récapitule les principales priorités qu'ont permis de dégager les discussions qui se sont tenues à ce stade du projet.
3. Il semblait y avoir une prédominance des activités comportant une discussion de groupe (résultat tout à fait désirable), tandis que le travail en laboratoire ou l'expérience en classe étaient peu représentés.

La phase 3 a donc comporté la création de groupes de travail chargés de définir et de développer des matériels dans les domaines prioritaires. Trois colloques ont eu lieu au début de l'année suivante, réunissant les diverses personnes intéressées en vue de préparer cette phase plus difficile du développement du projet. L'importance de ces réunions ne doit pas être sous-estimée dans un examen du projet ASTEP. Elles ont donné à beaucoup de responsables de la formation de professeurs, qui faisaient partie des groupes initiaux, la possibilité de se rencontrer pour la première fois et, à la faveur du travail effectué ensemble, de constituer entre eux un réseau plus stable couvrant l'ensemble du pays. La

1. L. D. Mackay et J. R. Northfield, « The use of a formative evaluation model for ASTEP », *Research in science education*, n° 4, 1974, p. 65-75.

Tableau 3. Domaines prioritaires pour les unités de la « seconde génération » de l'ASTEP

« Lacunes » des matériels ASTEP de la « première génération »	Satisfaisant dans STEP	A corriger dans les matériels de « seconde génération »
Pensée conceptuelle de l'élève		√
Développement cognitif		√
Rapports entre le langage et l'apprentissage	√	
Évaluation des niveaux cognitifs		√
Théories de l'apprentissage et leurs implications pédagogiques	√	
Pédagogie des élèves médiocres	√	
Auto-évaluation de l'enseignement		√
Compréhension et évaluation des réactions des élèves	√	
Mise au point et bonne utilisation des ressources pédagogiques	√	
Établissement d'un fichier des ressources		√
Contenu social de l'enseignement des sciences en Australie		√
Évaluation et rétroaction	√	
Minicours à l'intention des professeurs : par exemple Biologie pour les non-biologistes		√
Géologie à l'usage de l'enseignement des sciences		√
Activités liées à la pratique de l'enseignement		√

mise au point des nouvelles unités de la « seconde génération » et la révision des unités de la « première génération » eurent pour résultat la production d'un ensemble définitif d'unités. Celles-ci reflètent un certain nombre d'orientations nouvelles dans la formation des professeurs de sciences en Australie.

1. Des matériels ont été mis au point dans des domaines qui étaient « nouveaux » pour beaucoup des participants : *a)* insistance accrue sur le développement cognitif des élèves (voir le tableau 4, « Raisonnement de l'élève ») ; *b)* Intérêt pour ce qu'on peut appeler le contexte social de l'enseignement des sciences (voir tableau 4).
2. On a mis au point des unités qui semblaient également présenter un intérêt pour des programmes de formation en cours d'emploi des professeurs de sciences.
3. L'approche suivie pour la formation des enseignants est beaucoup plus variée ; par exemple, une importance plus grande est donnée à la pédagogie active, aux techniques de simulation

(voir tableau 5) et l'adaptation de la situation d'enseignement occupe une plus large place.

4. On a mis au point des unités mettant l'accent sur différents besoins des étudiants.
5. Un effort a été fait en vue d'associer les élèves professeurs de sciences et les professeurs en activité à la mise au point de certains matériels ; par exemple, l'unité « Les parents : un facteur négligé dans la formation des professeurs » a été produite par Peter Fensham et un groupe d'élèves-maîtres qui avaient examiné le domaine des relations parents-professeurs relatif à la place des sciences dans les programmes scolaires.

La phase 3 s'est terminée par la publication des matériels ainsi réalisés sous le titre *ASTEP – A project in teacher education*[1]. Certains ont objecté à ce qu'on publie sous cette forme les unités de l'ASTEP. Le principal objectif du projet était de faire participer les responsables de la formation des professeurs à l'élaboration des programmes. Dans ces conditions, pourquoi en publier le produit final alors que les unités ne pouvaient être considérées que comme une simple série de suggestions et d'idées ? La publication, cependant, se justifie par la nécessité de rendre compte de ce qui avait été une opération intéressante et utile, par l'espoir que les unités définitives feraient l'objet d'une analyse critique et par le désir de susciter de nouvelles activités de la part de responsables de la formation des professeurs. La section suivante du présent chapitre examine de plus près un aspect particulier du projet, pour donner une meilleure idée de certains des matériels mis au point à l'intention des responsables de la formation des professeurs ainsi que de l'*ASTEP evaluation handbook*[2], rédigé pour les aider dans l'utilisation de ces matériels. La section choisie (« Le laboratoire comme moyen pédagogique ») offre une bonne illustration des questions et des problèmes abordés dans le cadre de l'ASTEP et du caractère incomplet du projet. Dans les cours de sciences de l'enseignement secondaire en Australie, le laboratoire et les travaux pratiques sont des éléments consacrés du processus d'instruction. Cependant, la manière dont le travail de laboratoire peut être utilisé pour favoriser l'apprentissage chez les élèves n'apparaît pas toujours clairement dans les programmes d'enseignement des sciences. Pourquoi avons-nous besoin d'activités pratiques dans des laboratoires coûteux ? Le travail en laboratoire permet-il d'atteindre les objectifs d'apprentissage recherchés ? Comment peut-on assurer une meilleure contribution des travaux pratiques à l'apprentissage chez l'élève ? Telles sont quelques-unes des questions qui ont été et qui restent posées. Les unités contenues dans cette section ne peuvent apporter qu'un commencement de contribution à une meilleure compréhension et une meilleure justification du rôle de l'expérience pratique dans l'enseignement des sciences.

Tableau 4. Classification des unités ASTEP suivant les thèmes des unités STEP

Thèmes des unités STEP	Nombre d'unités STEP pour le thème considéré	Nombre d'unités ASTEP pour le thème considéré	
		Première génération	Unités définitives
1. Buts et objectifs	7	5	5
2. Nature de la science et investigation scientifique	5	7	7
3. Raisonnement de l'élève	9	1	6
4. Langage des leçons des sciences	7	1	1
5. Interaction professeur-élève	7	1	4
6. Méthodes et techniques	12	5	7
7. Moyens d'apprentissage	8	1	1
8. Adaptation à l'élève	8	–	–
9. Rétroaction vers le professeur et l'élève	7	1	2
10. Conception du programme	7	2	4
11. Sécurité	5	2	4
12. Conception et gestion du laboratoire	8	3	3
13. Contexte social de l'enseignement des sciences	7	2	5
Total	97	31	49

Étude plus approfondie d'un aspect de l'ASTEP

La section intitulée « Le laboratoire comme moyen pédagogique » constitue l'un des six domaines entre lesquels ont été regroupées les quarante-sept unités ASTEP. Elle comprend neuf unités. Elle est précédée d'un exposé d'ensemble où sont passés en revue les principaux points relatifs au travail en laboratoire et où sont présentées des suggestions sur la manière d'utiliser les unités dans les programmes de formation de professeurs. Ces neuf unités figurent dans le tableau 6. Elles ont pour but de proposer aux professeurs des activités dans les

1. J.R. Northfield (dir. publ.), *ASTEP – A project on teacher education,* Melbourne, Monash University, 1976 (ASTEP Project).
2. L. D. Mackay *et al., ASTEP evaluation handbook,* Melbourne, Monash University, 1976 (ASTEP Project).

Tableau 5. Type d'activité utilisé dans chaque unité[a]

Type d'activité auquel participent les élèves-maîtres	Pourcentage des unités comportant ce type d'activité
1. Discussion de groupe	93
2. Activité individuelle, par exemple réponse à un questionnaire ou exécution d'un programme de travail personnel	48
3. Travaux pratiques	20
4. Activité de simulation, par exemple jeu de rôle, notation d'un échantillon de questions d'élèves, etc.	23
5. Activité directe en salle de classe, par exemple leçon d'essai ou stage d'observation dans une classe	32

a. Certaines unités font appel à plusieurs activités différentes.

Tableau 6. Unités ASTEP mises au point au titre du thème « Le laboratoire comme moyen pédagogique »

	Exposé général
LT/1	Le besoin de savoir
LT/2	Exploration du potentiel pédagogique d'un exercice en laboratoire
LT/3	Les travaux pratiques. Évaluation de leurs résultats au niveau de l'élève
LT/4	Le compte rendu du travail en laboratoire
LT/5	La sécurité avant tout
LT/6	La prévention c'est... !
LT/7	L'achat des produits chimiques et de l'équipement
LT/8	Le stockage et le contrôle de l'équipement
LT/9	L'inventaire des ressources pédagogiques utilisables pour l'enseignement des sciences

domaines suivants : objectifs et approche du travail en laboratoire (LT/1 et LT/2), évaluation des travaux pratiques (LT/3 et LT/4) et principaux problèmes d'organisation et de sécurité posés par l'utilisation des travaux pratiques (LT/5, LT/6, LT/7, LT/8 et LT/9).

L'unité LT/2 intitulée « Exploration du potentiel pédagogique d'un exercice en laboratoire » est présentée plus loin de manière assez détaillée dans le tableau 7 pour illustrer les caractéristiques des unités STEP sous leur forme définitive. Plusieurs points doivent être préalablement soulignés.

Premièrement, la forme définitive de cette unité (comme toutes les unités ASTEP) représente l'aboutissement d'un processus d'évaluation formative très complet à partir des sources énumérées dans le tableau 2. Le résultat a été une activité pouvant être utile aux responsables de la formation de professeurs de sciences, mais l'activité a toujours été considérée dans le projet comme une description d'idée.

Le second point qu'il importe de souligner est que le projet visait à diffuser les idées nées grâce aux efforts déployés par les responsables de la formation des professeurs en Australie. On espérait que l'utilisation des unités dans des contextes pédagogiques différents permettrait d'apporter à ces unités d'importantes modifications.

Troisièmement, chaque unité ASTEP a été conçue en fonction d'un style de présentation déterminé. L'unité LT/2 sera présentée pour illustrer les rubriques et le type d'information correspondant à celui-ci. Ce style commun a également permis une présentation ramassée, sous les différentes rubriques de l'unité, de l'information fournie par l'évaluation formative. Cette information, en ce qui concerne l'unité LT/2 (voir tableau 7), figure sous la forme utilisée dans l'*ASTEP evaluation handbook* pour la présentation de l'unité aux utilisateurs intéressés.

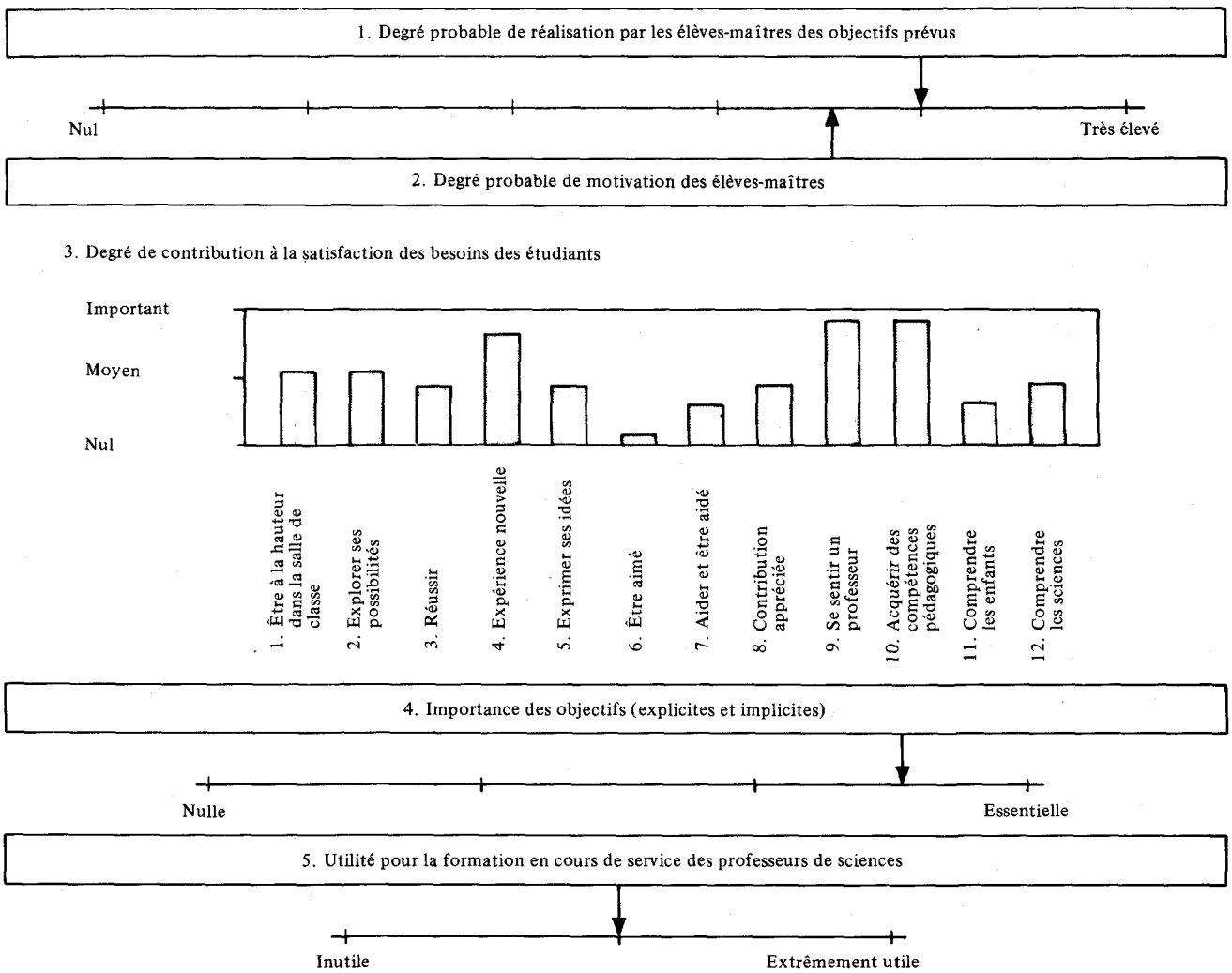
Quatrièmement, les rédacteurs de chaque unité ont été invités à en formuler les objectifs. Les objectifs très variés correspondant à une série d'unités peuvent être classés suivant les grandes catégories suivantes : *a)* connaissance et compréhension des sciences ; *b)* connaissance et compréhension de l'enseignement des sciences ; *c)* motivations, attitudes et valeurs liées à l'enseignement des sciences ; *d)* développement personnel et social des élèves-maîtres ; *e)* organisation d'expériences en classe.

Cinquièmement, un grand nombre d'unités exigent l'utilisation de bandes vidéo et de diapositives 35 mm. Pour les unités relatives aux expériences de laboratoire (LT/4 « Le compte rendu du travail en laboratoire » et LT/6 « la prévention c'est... ! »), on a préparé un matériel d'appui consistant en diapositives 35 mm. Les unités LT/1 et LT/2 prévoient l'une et l'autre l'exécution par les étudiants d'exercices de laboratoire faciles mettant en jeu des phénomènes physiques, chimiques et biochimiques simples. Toutes les unités de cette section comprennent des fiches de travail et des fiches de données détaillées à l'intention des étudiants, pour stimuler et faciliter la discussion entre le professeur responsable et les élèves-maîtres. Ces échanges de vues relatifs à la formation de ces derniers à l'enseignement des sciences sont considérés comme un aspect important de l'utilisation de toutes les unités ASTEP.

Enfin, le contenu de l'enseignement des sciences dans les écoles australiennes du niveau Kindergarten

Tableau 7. LT/2. Analyse du potentiel pédagogique d'un exercice de laboratoire

Description de l'unité	Évaluation (voir figure 1)
Résumé Il s'agit d'une unité axée sur le laboratoire et dans laquelle les étudiants exécutent deux exercices (sur trois proposés) qui sont probablement nouveaux pour eux. Il leur est ensuite demandé de suggérer (à l'intention d'élèves de groupes d'âge différents) un ensemble varié d'activités inspirées de ces exercices et d'indiquer pour chacune de ces activités les objectifs pédagogiques correspondants.	
Objectifs 1. Développer chez les élèves-maîtres l'habitude d'envisager le potentiel d'un exercice de laboratoire en fonction de la possibilité d'utiliser chaque exercice de ce type : *a)* dans des contextes variés mettant en jeu des concepts différents ; *b)* comme introduction à divers domaines différents. 2. Inciter les élèves-maîtres à : *a)* envisager la pertinence des expériences d'apprentissage et des matériels pédagogiques en fonction des différents groupes d'âge ; *b)* rechercher des méthodes pour l'enseignement de matières qui leur sont moins familières.	L'évaluation (fig. 1) a indiqué (sur la base d'une échelle comportant cinq degrés) que l'unité était probablement de nature à favoriser, d'une manière générale, la réalisation des objectifs déclarés (point n° 1), et que, dans la pratique, les objectifs 1.*a* et *b* étaient atteints dans une certaine mesure et l'objectif 2.*a* largement atteint (point n° 7).
Besoins de l'élève-maître auxquels répond cette unité 1. L'étudiant aura le sentiment qu'il sera à la hauteur de la situation lorsqu'il se trouvera devant des élèves. 2. L'étudiant aura le sentiment d'avoir acquis des compétences pédagogiques utiles.	Il a été demandé aux rédacteurs d'indiquer, à partir de la liste établie (voir tableau 1), les besoins des étudiants auxquels cette unité semblait pouvoir répondre. Ils ont mentionné deux de ces besoins (n^{os} 1 et 10), mais il est intéressant de noter que les utilisateurs de l'unité ont également cité les n^{os} 4 et 9.
Moyens utilisés 1. Deux fiches de données. 2. Matériel nécessaire pour les exercices pratiques. *Temps prévu :* 2 heures.	
Méthode suggérée 1. *Introduction* (5 minutes environ). Le potentiel d'un exercice de laboratoire, en ce qui concerne l'expérience et l'apprentissage chez l'élève, est souvent mal apprécié. Cette situation peut être attribuée à plusieurs causes, comme le manque de familiarité avec la matière concernée, l'inaptitude à visualiser un phénomène particulier dans différents contextes ou l'idée que les matériels mis au point dans le cadre des différents projets circonscrivent les possibilités correspondants d'expérience par l'élève. 2. *Expériences faites par les étudiants* [entrecoupées de quelques discussions] (environ 1 heure et demie). Après ces considérations préalables, les élèves-maîtres sont invités à réaliser deux des trois expériences figurant sur une fiche de données. Il est important que ces expériences leur soient relativement peu familières. Demander aux étudiants, pendant qu'ils expérimentent ces exercices, de réfléchir aux points suivants : *a)* qu'apprennent-ils en faisant ces expériences ? ; *b)* comment celles-ci pourraient-elles être développées ? ; *c)* intérêt de ces expériences pour les élèves des différents groupes d'âge. 3. *Discussion générale* (environ 25 minutes). Cette discussion doit comporter une identification des aspects de chaque expérience qui pourraient convenir à des élèves de 11, 13 et 15 ans, en ce qui concerne : *a)* les observations que ceux-ci pourraient faire ; *b)* les rapports possibles entre ces observations et certains domaines particuliers du programme de sciences ; *c)* les possibilités d'extension de ces expériences dans d'autres domaines. (Un rapport sur les premiers exercices, établi par un professeur suivant un cours de formation en cours d'emploi, est fourni et doit être remis à titre de documentation à l'issue de la discussion.)	Les rédacteurs de chaque unité ont été priés de préciser le temps et les moyens nécessaires pour son exécution. Il a été suggéré que les fiches de données remises aux élèves-maîtres soient accompagnées de commentaires à l'intention du professeur ou directeur de travaux concerné. L'unité LT/2 prévoyait la réalisation par les élèves-maîtres d'au moins deux exercices de laboratoire, ainsi qu'une réflexion sur les points à souligner et sur la manière de présenter cette activité particulière à des élèves de différents niveaux d'âge et d'aptitudes. Les professeurs qui ont utilisé l'unité ont indiqué qu'elle était de nature à développer la motivation des élèves-maîtres, qu'elle semblait viser des objectifs importants, qu'elle pouvait dans une certaine mesure être utilisée dans le cadre d'une formation en cours d'emploi et devrait être utilisée à mi-chemin du déroulement d'un programme initial de formation.


1. Degré probable de réalisation par les élèves-maîtres des objectifs prévus
Nul
Très élevé
2. Degré probable de motivation des élèves-maîtres
3. Degré de contribution à la satisfaction des besoins des étudiants
Important
Moyen
Nul
1. Être à la hauteur dans la salle de classe
2. Explorer ses possibilités
3. Réussir
4. Expérience nouvelle
5. Exprimer ses idées
6. Être aimé
7. Aider et être aidé
8. Contribution appréciée
9. Se sentir un professeur
10. Acquérir des compétences pédagogiques
11. Comprendre les enfants
12. Comprendre les sciences
4. Importance des objectifs (explicites et implicites)
Nulle
Essentielle
5. Utilité pour la formation en cours de service des professeurs de sciences
Inutile
Extrêmement utile

6. Moment de son utilisation probable : milieu de l'année

7. Degré de contribution à la réalisation des objectifs déclarés

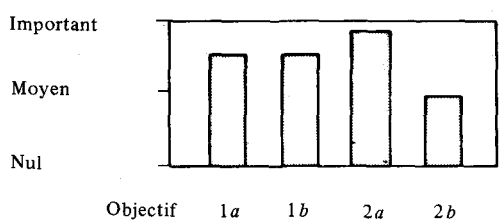


FIG. 1. Récapitulation de l'évaluation de l'unité LT/2 telle qu'elle est présentée aux utilisateurs éventuels dans l'*ASTEP evaluation handbook (Source :* L.D. Mackay *et al., op. cit.*).

(K) au niveau 10 peut être défini comme un enseignement intégré des sciences. Par conséquent, les professeurs de sciences du secondaire (années 7-10) sont censés enseigner tous les aspects des sciences, alors qu'ils sont généralement diplômés dans des disciplines scientifiques particulières. Les futurs professeurs doivent donc être préparés à l'enseignement d'une grande variété de matières scientifiques. Pour développer chez eux la confiance nécessaire, les unités ASTEP prévoient souvent diverses activités scientifiques empruntées aux principales disciplines scientifiques. Les neuf unités de la section intitulée « Le laboratoire comme moyen pédagogique » ont été conçues dans l'optique d'une préparation à l'enseignement intégré des sciences. Par exemple, l'unité LT/2 comporte l'exécution et la discussion par l'élève-maître de trois exercices de laboratoire : fermentation de la levure, taux de réaction chimique et mesure d'écoulement hydraulique. L'unité LT/2 est présentée de manière détaillée dans la colonne de gauche du tableau 7. Les commentaires résultant de l'évaluation (extraits des données de la figure ci-après) figurent dans la colonne de droite en regard des points correspondants.

Avantages de l'approche suivie pour la mise en œuvre du projet ASTEP

L'approche de l'ASTEP présentait pour l'Australie plusieurs avantages manifestes. Dans un pays très étendu, où les contacts entre les responsables de la formation de professeurs de sciences ne sont pas faciles, le projet a permis à ceux-ci une participation importante ainsi que des contacts et une communication très développés sur le plan professionnel. On a produit plus de cinquantes unités pédagogiques nouvelles pour la formation des professeurs de sciences et ces unités continuent apparemment à faire l'objet de modifications et d'adaptations. Le projet s'est donc parfaitement situé dans la perspective du « programme » conçu comme l'introduction d'idées nouvelles au lieu de consister en une somme de matériels d'enseignement.

Il est intéressant et important de noter que beaucoup des personnes qui ont participé à l'exécution du projet n'avaient jamais eu l'occasion de participer activement aux conférences professionnelles annuelles organisées en Australie qui sont fréquemment dominées par des personnalités de la recherche universitaire.

Certaines de nos unités, comme dans le cas du STEP, présentent des possibilités d'utilisation qui ne se limitent pas à la formation des professeurs de sciences. Elles ont offert des schémas concrets très appréciés pour des échanges avec des collègues d'autres disciplines. Il n'est que trop facile pour les responsables de la formation de professeurs de s'isoler dans leur domaine particulier ; la formation des professeurs de sciences a spécialement tendance à s'entourer d'assez fortes barrières et nous avons été heureux que le projet ASTEP ait ouvert quelques brèches. Certaines des lacunes de nos moyens de formation des professeurs, qui ont été révélées par notre système d'évaluation, se situent précisément dans des domaines où la solution pourrait être apportée par une coopération accrue entre collègues.

Nous avons fait état, au début de cet exposé, des perspectives offertes par la participation à une tâche commune des responsables de la formation des professeurs de sciences en Australie. Nous venons d'en mentionner quelques-unes, mais la constitution d'un réseau réunissant les membres de cette profession dépasse largement, à notre avis, le cadre du projet proprement dit.

Des personnes ont maintenant de nouvelles possibilités de se connaître, de savoir quelles sont leurs préoccupations respectives. Des ressources ont été mises en commun et partagées malgré des distances considérables, et des idées nouvelles sont nées qui conduisent à la réalisation de projets nouveaux par des groupes d'éducateurs qui n'avaient jamais collaboré auparavant.

Autres applications de l'ASTEP

Le projet, avec son caractère participatif fortement marqué, a attiré l'attention de divers côtés. Il a fait l'objet d'une présentation dans le cadre d'une collection publiée par l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE[1]) et le Centre australien d'élaboration des programmes a suivi à plusieurs reprises le même modèle pour des projets très divers exécutés avec le concours de consultants des différentes régions administratives du système d'éducation australien. Le nombre des professeurs et leur dispersion géographique rendent impossible, même si elle est souhaitée, une telle participation de la « base » à l'échelon national, mais dès qu'on

1. M. Skilbeck, G. Evans et J. Harvey, *Innovation dans la formation en cours de service des enseignants (Australie)*, Paris, OCDE-CERI, 1976.

arrive au niveau des inspecteurs, des consultants régionaux, des responsables de la formation en cours d'emploi ou de la formation initiale des professeurs, le nombre de ceux-ci permet dans de nombreux pays de suivre utilement l'approche de l'ASTEP.

Une illustration intéressante est la mission effectuée à la Trinité en 1978. Elle a permis de réunir pour un colloque intensif d'une semaine douze des quatorze responsables de la formation des professeurs de sciences (niveau primaire) et d'entreprendre un « mini ASTEP ». Au bout de quatre jours, on avait mis au point trois unités nouvelles pour la formation des professeurs et les participants avaient décidé de les expérimenter. Dans le contexte de la Trinité, un élément particulièrement intéressant a été l'utilisation d'anciennes épreuves d'examen aux fins du programme d'études. Il s'agissait d'une unité pédagogique destinée à aider les futurs professeurs à mieux comprendre quand et comment les processus scientifiques interviennent dans le développement de la connaissance des sciences, compréhension qu'il leur est indispensable d'acquérir. Le programme de sciences de l'enseignement primaire à la Trinité mettant à présent l'accent sur les processus scientifiques, cette unité pouvait être d'une aide considérable pour les professeurs dans la pratique de l'enseignement.

Encore plus récemment, un projet relatif à la formation en cours de service des professeurs de sciences en Indonésie s'est inspiré du modèle ASTEP et l'a adapté au contexte de ce pays où les besoins des enseignants sont également très différents.

Les professeurs doivent, indiscutablement, être conscients de l'intérêt des exercices pratiques et posséder les compétences nécessaires pour les faire réaliser dans chaque contexte d'apprentissage concerné. Il est fréquent que l'importance du nombre d'heures de cours que les professeurs spécialisés doivent donner les empêche d'utiliser ces compétences. Il faut donc leur fournir une assistance. Cette assistance, sous la forme de personnel de laboratoire qualifié, peut libérer le professeur des tâches de routine liées aux travaux pratiques tout en lui permettant de disposer, quand il en a besoin, de tout ce qui lui est nécessaire. Le chapitre qui suit est consacré à la formation des professeurs et du personnel de laboratoire à Trinité-et-Tobago.

Il traite de quelques aspects de la relation qui existe entre le professeur et le technicien, ainsi que de la nécessité pour tous les deux de travailler en équipe.

La formation des maîtres et des techniciens pour les travaux pratiques de sciences dans les établissements scolaires de Trinité-et-Tobago

Judy Reay et Steve West

Les méthodes d'enseignement des sciences à l'école ne semblent pas très différentes d'un pays à l'autre, même s'il existe une grande diversité sur le plan des ressources humaines et matérielles. Certes on ne saurait oublier que les rapports publics, rédigés pour des conférences ou autres réunions, ont tendance à présenter une vision exagérément négative des choses, mais il semble bien qu'en règle générale, dans le monde, les sciences soient rarement enseignées comme un processus d'investigation. Ainsi, une grande partie du présent rapport sur l'enseignement des sciences à Trinité-et-Tobago, où l'on a cherché en quoi les travaux pratiques contribuent au développement de l'esprit d'investigation, décrit vraisemblablement des cas qui sont familiers à la plupart des autres pays. Mais la situation à Trinité-et-Tobago diffère de celle de biens d'autres nations dans la mesure où le pays doit faire face à une soudaine expansion des ressources disponibles pour l'enseignement en général et pour l'enseignement des sciences en particulier. Alors que partout ailleurs les éducateurs en seraient très heureux, une telle situation ne présente pas que des avantages, comme nous le verrons.

Aperçu historique

Jusque vers le milieu de la dernière décennie, l'enseignement des sciences à Trinité-et-Tobago n'avait qu'assez peu de succès. Malgré l'existence, en 1968, année de la réunion d'experts de Varna sur l'intégration des enseignements scientifiques, du West Indies Science Curriculum Innovation Project (WISCIP), un des premiers projets d'élaboration de programmes pour l'enseignement intégré des sciences dans les établissements d'enseignement secondaire du premier cycle[1], et, malgré le fait que la plupart des professeurs de sciences de l'enseignement secondaire étaient titulaires d'une licence de sciences, l'enseignement scientifique à tous les niveaux avait un caractère essentiellement didactique. L'organisation d'une formation pédagogique de niveau universitaire supérieur était toute récente. L'Association pour l'enseignement des sciences de Trinité-et-Tobago (ASETT) venait tout juste d'être créée. Et il n'y avait, au ministère de l'éducation, qu'un seul fonctionnaire surchargé de travail pour tout le secteur de l'enseignement scientifique. Dans les écoles normales, les directeurs d'études étaient choisis beaucoup plus pour leurs connaissances dans leur discipline que pour leur expérience pédagogique. Le matériel de ces écoles était inadéquat et l'enseignement primaire des sciences ne dépassait guère le stade du dessin de la fleur d'hibiscus par exemple. Dans la pratique, tout l'enseignement primaire, secondaire et supérieur se faisait dans l'optique du *British general certificate of education (GCE)* et tout futur emploi en dépendait.

Vers la fin des années 70, on a assisté à une amélioration constante mais lente dans tous ces domaines ainsi qu'à une croissance exponentielle des ressources matérielles liée à l'augmentation sensible de la valeur du pétrole de la Trinité, ce qui en fit un pays opulent selon les critères du Tiers-Monde et donna en même temps une importance inhabituelle à la science et à la technologie, et surtout à la formation professionnelle (par opposition à l'enseignement général) en ces domaines. Mais les hommes ont été incapables de suivre le rythme, tant dans leur optique et leur pratique qu'en ce qui concerne les effectifs de main-d'œuvre. On trouvera ci-après un aperçu du passé historique et de l'état actuel de l'enseignement scientifique aux trois différents

1. I. W. Williams, « The implementation of curricula adapted from Scottish integrated science », dans P. Tamir *et al.* (dir. publ.), *Curriculum implementation and its relationship to curriculum development in science,* p. 295-299, Jerusalem, Israel Science Teaching Center, Hebrew University, 1979. (Report of international seminar, Rehovot and Jerusalem, 23 July to 2 August 1978.)

degrés de l'éducation. Puisque ce sont les besoins du petit nombre situé au sommet de la pyramide qui déterminent ordinairement l'activité de la base, nous procèderons de haut en bas.

Formation universitaire des professeurs de sciences

Lorsqu'il y a vingt ans, le Collège impérial d'agriculture tropicale est devenu le campus Saint-Augustin de l'Université des Antilles, la Faculté des sciences exactes et naturelles s'est vu assigner explicitement comme but principal la formation de professeurs de sciences pour les établissements scolaires. Bien que la situation sociale ait évolué depuis, les buts implicites et les méthodes utilisées n'ont pas changé de façon marquée. Alors qu'il y a un assez grand nombre de scientifiques du monde universitaire qui remettent aujourd'hui en question la valeur de leur enseignement (ce que nous devons souligner, car ils ont apporté une contribution des plus utiles à la pratique dans les écoles), ils se heurtent au manque d'intérêt envers l'enseignement, voire à une attitude de mépris et d'arrogance qui est assez générale parmi les scientifiques des universités, comme il est apparu à la Conférence internationale sur l'enseignement de la chimie qui a eu lieu en 1979[1]. En conséquence, l'enseignement n'est reconnu, dans le programme d'études qui prépare à la licence, ni comme la future profession de la plupart des étudiants, ni comme un domaine de connaissances pouvant enrichir l'enseignement universitaire. Les titulaires d'un grade universitaire de sciences qui deviennent professeurs n'ont donc pas de la science la vision qui leur serait nécessaire pour donner un enseignement efficace à des enfants et ils n'en appréhendent, comme il le faudrait, ni la manière d'organiser les concepts, ni les processus, ni les aspects sociaux, et surtout ceux qui sont spécifiquement antillais.

Bien qu'une petite faculté de pédagogie ait été créée quelque temps auparavant, ce n'est qu'en 1973 qu'un programme officiel de pédagogie a été institué. Ce programme en cours d'emploi – car les étudiants passent la majeure partie de leur temps à enseigner effectivement leur discipline dans un établissement scolaire – conduit au diplôme de pédagogie *(diploma in education),* équivalent du certificat d'aptitude à l'enseignement *(post-graduate certificate in education - PGCE)* du Royaume-Uni et du *Master of arts in teaching (MAT)* des États-Unis d'Amérique. Une approche intégrée est utilisée pour l'étude des « fondements de la pédagogie », tout comme pour une grande partie de celle de l'enseignement des sciences, les deux approches demeurant relativement parallèles. Le recours à des stratégies multimédias variées et l'influence du STEP[2], qui caractérisaient les deux types d'étude au début, ne se sont pas maintenus dans le cours sur les « fondements de la pédagogie » et l'on enseigne souvent aux futurs maîtres avec des méthodes pédagogiques qu'on leur dit de ne pas utiliser. Le passage de la théorie des fondements de la pédagogie à la pratique de l'enseignement des sciences n'est pas mis en évidence ; cela peut peut-être s'expliquer en partie par le fait qu'on ne peut espérer d'effet de la formation pédagogique générale qu'à long terme[3]. Les points de vue des enseignants sont très semblables à ceux qui ont été recueillis dans l'étude de l'Institut d'éducation de Leeds[4] : il y a trop de généralités sur la pédagogie et pas assez d'éléments purement scientifiques.

Pour la partie scientifique, on a eu recours non seulement au matériel du projet STEP, mais aussi à celui de l'ASTEP[5] et à des stratégies fondées sur les compétences. Le cursus est une formation en cours d'emploi : les étudiants sont membres à part entière du personnel de l'établissement scolaire sans qu'on leur fasse beaucoup de concessions sur le plan des heures de liberté et ils sont jugés entièrement sur leur travail dans l'école ; ils ont donc infiniment plus d'occasions d'étudier sur place l'enseignement des sciences qu'ils n'en auraient s'ils devaient suivre un cours à plein temps. Cependant, à l'université, le temps de formation professionnelle à l'enseignement des sciences ne dépasse guère 100 heures, ce qui est très peu par rapport aux 400 heures prévues dans l'autre cours de préparation du *B.Ed.* décrit par Ferretti[6]. Les directeurs d'étude de Saint-Augustin doivent donc être hautement sélectifs au moment de l'organisation des expériences pratiques à l'université

1. *International newsletter on chemical education,* n° 12, décembre 1979.
2. J.T. Haysom et C. R. Sutton (dir. publ.), *Science Teacher Education Project : Innovation in teacher education,* London, McGraw-Hill, 1974.
3. *Id.,* p. 66.
4. Leeds University Institute of Education, *Teacher education : the teachers' point of view,* Slough, National Foundation for Educational Research, 1974.
5. *ASTEP (Australian Science Teacher Education Project),* Clayton (Vic.), Faculty of Education, Monash University, 1976.
6. M. Ferretti, « Formation initiale et formation continue des professeurs de physique dans l'enseignement secondaire », dans J.L. Lewis (dir. publ.), *Tendances nouvelles de l'enseignement de la physique,* vol. III, chap. 14, Paris, Unesco, 1976.

et obligés d'inciter un gros effort personnel des étudiants déjà surchargés de travail.

La formation des instituteurs est assurée en deux ans d'études à plein temps dans des écoles normales. Ici aussi, le temps de formation professionnelle est très limité. Meyer signale que, d'après des observations faites aux États-Unis, même une période de quatre ans ne suffit pas à former à ce niveau des maîtres qui connaissent bien toutes les matières au programme[1]. En sciences, le problème est particulièrement aigu puisque les étudiants entrent à l'école normale sans formation de base, ou avec des connaissances très rudimentaires dans un des domaines de la science, et avec une attitude négative face à celle-ci. Le taux d'échecs est élevé, ce qui renforce ces attitudes négatives. Des problèmes semblables se retrouvent partout dans les Antilles[2].

Dans une autre étude[3], West, utilisant la série de devoirs du CSMS mise au point à Chelsea, a trouvé que les niveaux de raisonnement scientifique des étudiants d'une école normale allaient du niveau 2A (début du stade des opérations concrètes) au niveau 3A (début du stade des opérations formelles)[3]. Bien que ces constatations puissent s'expliquer, du moins en partie, par le fait que ces enseignants n'avaient pas eu l'occasion de faire auparavant les expériences voulues, elles soulèves deux questions importantes :
pas disponible. Le matériel de l'ASTEP vient tout juste d'être fourni grâce au concours du professeur Fensham, directeur de ce projet. Les installations de laboratoire des écoles normales sont semblables à celles qui existent dans les établissements d'enseignement secondaire du premier cycle construits vers la même époque, mais pour un public totalement différent.

1. R. Meyer, « Progrès dans la formation et le recyclage des professeurs de biologie », dans A. Sasson et J. Souchon (dir. publ.), *Tendances nouvelles de l'enseignement de la biologie,* vol. IV, p. 120, Paris, Unesco, 1977.
2. N. Frederick, « Science teacher education and innovation in teachers' colleges », dans J. F. Reay (dir. publ.), *Integrated science and teacher education,* p. 75-79, St-Augustine, Trinidad, Unesco/University of the West Indies, 1974 (Report of Unesco/CEDO Caribbean Science Educators Workshop, Barbados, 1-13 October, 1973).
3. Haysom et Sutton *(op. cit.)* ont envisagé l'utilisation des méthodes du STEP avec des groupes numériquement importants. D'autres auteurs mettent en doute l'efficacité du STEP en dehors des contextes pour lesquels il a été conçu [Ferretti, *op. cit.,* et Cheong Siew Yoong, « La formation des enseignants en vue de l'enseignement intégré des sciences. Ressources et recyclages », dans J. F. Reay (dir. publ.), *Tendances nouvelles de l'enseignement intégré des sciences,* vol. V, p. 95-97, Paris, Unesco, 1979].

Les techniciens de laboratoire reçoivent leur formation dans des instituts techniques où le programme est conçu pour des techniciens de l'industrie. Peu de diplômés de ces cours se dirigent vers les établissements d'enseignement ; comme ceux qui le font possèdent un assez haut degré d'habileté dans certains domaines, ils sont nommés à la tête des services techniques des grands établissements d'enseignement secondaire du deuxième cycle. En général, les agents de laboratoire sont en nombre suffisant, mais n'ont pas reçu de formation et sont recrutés s'ils possèdent des connaissances scientifiques du niveau 0 (ordinaire), ce qui ne nous semble pas être une qualification pertinente. Il existe un fossé énorme entre les fonctions des assistants de laboratoire (terme que nous utiliserons pour regrouper les personnels techniques des deux niveaux) et la description de leurs tâches, ce qui ne conduit pas toujours à des relations de travail satisfaisantes.

Les sciences dans les établissements d'enseignement secondaire et primaire

Si l'on excepte les établissements privés, il existe quatre-vingt-deux établissements d'enseignement secondaire offrant tous des cours de sciences. Les uns, où les études sont de trois ans, sont des établissements d'enseignement secondaire du premier cycle qui accueillent la majorité des jeunes scolarisés de 11 à 14 ans. Comme ces établissements fonctionnent selon le système des classes alternées avec deux groupes d'élèves chaque jour et deux équipes de professeurs, le personnel scientifique se heurte à des problèmes pour la gestion des laboratoires. D'autres établissements dispensent en cinq ou sept ans un enseignement conduisant au *GCE* (niveau 0), aux examens du Conseil des examens des Caraïbes (Caribbean Examinations Council - CXC) et au *GCE* (niveau A - avancé). Les établissements les plus récents sont les établissements d'enseignement secondaire du deuxième cycle (deux années d'études) qui acceptent les enfants venant des établissements du premier cycle ; une petite minorité de jeunes de certains de ces établissements continue jusqu'au *GCE* de niveau avancé, mais la plupart quittent l'école après un séjour si bref que les personnels ont à peine eu le temps de faire connaissance avec eux, d'autant qu'il s'agit d'établissements de très grandes dimensions.

Bien que leur préférence aille plus à une préparation à l'artisanat et à la formation professionnelle qu'à des études générales, beaucoup d'élèves suivent des cours menant au *CXC* (deux niveaux de difficulté)

et au *GCE* (niveau 0). En sciences, il n'y a pas vraiment d'autre choix que le *GCE* du niveau 0 avec option dans une discipline scientifique particulière, qui est trop difficile pour la plupart des jeunes et qui ne suscite guère leur intérêt. La plupart des jeunes diplômés de sciences sont nommés dans ces établissements ; ainsi, les écoles qui ont le plus besoin d'enseignants professionnels se retrouvent avec un personnel relativement jeune, sans expérience ni préparation. Selon les normes des Caraïbes, les établissements d'enseignement secondaire du deuxième cycle sont magnifiquement équipés ; dans les autres établissements, on trouve un matériel scientifique variable qui va des installations assez bonnes aux installations assez rudimentaires, mais ce n'est pas le manque d'argent qui fait obstacle aux améliorations.

A l'exception des programmes d'études de deux ans dans une discipline scientifique particulière pour l'obtention du *GCE,* presque tous les enseignants de sciences au niveau du secondaire sont intégrés, du moins en théorie. Dans les établissements d'enseignement secondaire du premier cycle, et dans quelques autres, on applique le WISCIP ; ailleurs, les enseignants ont mis au point une approche personnelle pour l'enseignement intégré des sciences dans le premier cycle de l'enseignement secondaire, ou bien ils utilisent le West Indies Science Curriculum (WISC[1]). Pour les niveaux plus avancés, le seul programme de sciences élaboré jusqu'à présent par le *CXC* est un enseignement intégré assez exigeant dont l'implantation ne se fait que lentement pour les raisons habituelles qui jouent d'autant plus à Trinité-et-Tobago[2].

Jusqu'à une date récente, l'enseignement des sciences à l'école primaire était dérisoire, comme partout ailleurs[3]. Les innovations ont débuté avec la mise au point d'un programme d'études primaires intitulé « Science. A process approach for Trinidad and Tobago » (SAPATT). L'évaluation a été encourageante[4] et les écoles normales ont introduit les techniques du SAPATT dans leurs cours et leurs examens. Afin de faire comprendre aux maîtres qu'il n'est pas nécessaire de penser « laboratoire » lorsqu'on veut « faire des sciences », l'accent est mis sur les matériels et les moyens les plus ordinaires. La valeur de ce principe a été étudiée par Lockard et ses collaborateurs dans un ouvrage[5] où ils soulignent que la faiblesse générale des cours de formation, dont nous sommes conscients dans les Caraïbes, est telle que les maîtres, une fois formés, semblent incapables d'organiser des travaux pratiques s'ils ne possèdent pas le type d'appareillage qu'ils ont connu à l'école normale.

Problèmes anciens qui doivent retenir l'attention

Comme nous l'avons vu, les enseignants en sciences de Trinité-et-Tobago ont aujourd'hui le grand privilège de ne pas se heurter aux difficultés financières qui aggravent les contraintes auxquelles doivent faire face leurs collègues d'autres pays. Il existe cependant des problèmes d'équipement. Il y a, tout d'abord, l'enseignant qui a du matériel, mais qui ne l'emploie pas soit parce qu'il ne sait pas comment l'utiliser, soit parce qu'il ne voit pas en quoi l'emploi de ce matériel lors de travaux pratiques peut contribuer à l'acquisition des connaissances. Il y a aussi l'enseignant qui n'a pas de matériel et qui ne sait pas lequel choisir dans les catalogues, en fonction de ses priorités et de ses besoins. L'un et l'autre ont besoin d'un modèle de planification ainsi que d'une certaine expérience pratique de l'équipement mis au point depuis leur sortie de l'école. (Il y a aussi les problèmes dus à la bureaucratie, comme l'a montré Ferreyra[6], mais leur solution ne devrait pas incomber aux professeurs d'école normale.) Nous examinerons maintenant ces problèmes plus en détail.

1. J. F. Reay, « Summative evaluation of Caribbean integrated science projects », dans D. Cohen (dir. publ.), *Tendances nouvelles de l'enseignement intégré des sciences,* vol. IV, chap. 11, Paris, Unesco, 1977.
2. E. N. Lambert, « Vers la mise en œuvre d'un enseignement intégré des sciences au niveau secondaire », dans J. F. Reay (dir. publ.), *Tendances nouvelles de l'enseignement intégré des sciences,* vol. V, chap. 9, Paris, Unesco, 1979.
3. W. Harlen, « Vers la mise en œuvre d'un enseignement scientifique au niveau primaire », dans J. F. Reay (dir. publ.), *Tendances nouvelles de l'enseignement intégré des sciences,* vol. V, chap. 8, Paris, Unesco, 1979.
4. P. Abder, *Evaluation of SAPATT.* Trinidad, University of the West Indies School of Education, 1979 (multigraphié).
5. J. D. Lockard, N. K. Lowe, R. E. Pearson, J. F. Reay et H. Thier, *Guide de l'Unesco pour les professeurs de science,* p. 141, Paris, Unesco, 1981.
6. R. Ferreyra, « Ressources permettant l'introduction d'un enseignement intégré des sciences », dans J. F. Reay (dir. publ.), *Tendances nouvelles de l'enseignement intégré des sciences,* vol. V, chap. 7, Paris, Unesco, 1979.

Conception de la science et enseignement des sciences

Puisque même les titulaires de diplômes universitaires scientifiques n'ont pas étudié ce qu'est la science, les professeurs de sciences du second degré assignent généralement aux travaux pratiques (lorsqu'ils en organisent) la mission d'apprendre à suivre des instructions (afin de former des citoyens obéissants, bien sûr !) et de développer la dextérité manuelle (en manipulant le robinet d'une burette, par exemple, pour ce que cela peut apporter au jeune dans l'avenir). Tout élargissement de ces objectifs tend généralement vers la « mémorisation de faits ». Les travaux de laboratoire sont donc perçus comme ayant une fonction dogmatique et non un rôle d'investigation[1] et comme des moyens facilitant quelque peu la réalisation de buts didactiques et servant à développer l'habileté et non comme des outils servant à acquérir une méthode ou une attitude scientifique[2]. Les travaux pratiques ont plus souvent lieu après l'étude d'une question en classe qu'avant et les prises de contact avec un phénomène « à l'état brut » sont rares. La méthode la plus couramment utilisée ressemble à l'utilisation d'un livre de cuisine sous le contrôle sévère de l'enseignant. Comme les examens du *GCE* comportent des épreuves écrites sur des questions pratiques, la plupart des enseignants dans les classes du *GCE* donnent à leurs élèves une certaine expérience pratique mais cela peut simplement se faire la dernière année au cours de la révision des « questions traitées ». Lors d'une enquête menée auprès de 235 professeurs de sciences dans le secondaire[3], il n'y a pas eu moins de 16 % de maîtres pour approuver la formule « un enseignant emploie mieux son temps en faisant des exposés et des démonstrations qu'en préparant des travaux pratiques », et 73 % seulement pour la désapprouver, et, cela, en dépit de la tendance à donner une réponse socialement acceptable qui fausse quelque peu les résultats dans les enquêtes de ce type. Puisque, dans l'ensemble, les enseignants prennent leur tâche à cœur, nous en concluons que leur problème vient de leur manque de compréhension de la discipline qu'ils enseignent.

Dans une autre étude[4], West, utilisant la série de devoirs du CSMS mise au point à Chelsea, a trouvé que les niveaux de raisonnement scientifique des étudiants d'une école normale allaient du niveau 2A (début du stade des opérations concrètes) au niveau 3A (début du stade des opérations formelles)[5]. Bien que ces constatations puissent s'expliquer, du moins en partie, par le fait que ces enseignants n'avaient pas eu l'occasion de faire auparavant les expériences voulues, elles soulèvent deux questions importantes :

Est-il possible, en deux ans seulement et avec deux cents heures seulement de formation professionnelle en sciences, d'amener des enseignants ayant déjà une certaine expérience (l'âge moyen était de 25 ans) à utiliser un mode de pensée formel solide ?

Si cela n'est pas possible, de quel genre seront les expériences scientifiques que ces enseignants vont préparer pour leurs élèves afin de développer leur mode de pensée ?

W. Harlen[6] a mentionné le problème en disant que des enfants qui n'ont rien appris en sciences deviennent des enseignants qui ne les enseignent pas ; Prestt disait pratiquement la même chose lorsqu'elle a suggéré que l'une des plus grandes faiblesses de l'enseignement des sciences venait peut-être du fait qu'il était dispensé par des professeurs de sciences qui avaient eux-mêmes appris leur métier d'autres professeurs de sciences[7].

Quant à Lambert, il considère que la connaissance profonde qu'a l'enseignant de la nature de la science et de l'investigation scientifique est cruciale pour la mise en œuvre d'un enseignement intégré des sciences et il s'étonne que cette question n'ait pas été abordée par le groupe de travail dont il a fait partie à la Conférence internationale de Nimègue sur l'enseignement intégré des sciences en 1978[8]. Nous sommes du même avis.

1. J. J. Schwab et P. W. Brandwein, *The teaching of science,* Cambridge (Mass.), Harvard University Press, 1966.
2. D. P. Newton, « Practical work in the Sixth Form », *Physics education,* vol. 14, n° 2, mars 1979, p. 74-77.
3. P. E. M. Mark, *The identification of desirable teacher behaviors for the content of a program for the preparation of secondary level science teachers in Trinidad and Tobago,* (thèse *Ed. D* inédite, Teachers College, Columbia University, 1980.)
4. P. Adey (dir. publ.) : « Two tasks for the assessment of levels of cognitive development in Caribbean junior secondary schools », *Caribbean journal of education,* vol. 3, n° 2 ; « Cognitive Development in some Caribbean secondary schools », *Carribbean journal of education,* vol. 6, n° 3, septembre 1979, p. 197-220.
5. S. West, *An investigation into the relationship between the conceptual levels and job aspirations of the student teachers at Corinth Teachers'College* (étude maison inédite, School of Education, University of the West Indies, St. Augustine, 1978).
6. W. Harlen, *op. cit.*
7. B. Prestt, « Science education : A re-appraisal », Part 1, *School science review,* vol. 57, n° 201, juin 1976, p. 628-634.
8. E.N. Lambert, *op. cit.*

Connaissance des approches et équipements nouveaux et attitudes à leur égard

Lors d'une enquête portant sur près d'une centaine d'établissements d'enseignement secondaire dans les trois plus grands États antillais du Commonwealth (Jamaïque, Trinité-et-Tobago et Guyane), on a constaté que c'étaient les écoles dispensant un enseignement de la physique et un enseignement intégré des sciences qui avaient le plus de chances d'être assez bien équipées et d'avoir le petit matériel (de métal et de verre) qui sert pour la plupart des travaux pratiques de chimie depuis des décennies. Pour l'enseignement de la physique, très peu d'établissements possédaient du matériel mis au point au cours des vingt dernières années (par le projet Nuffield, par exemple), alors qu'il y avait d'assez bonnes fournitures en articles traditionnels comme les miroirs, les mètres, les micromètres et les aimants. Pour l'enseignement intégré des sciences, le matériel utile en physique et en écologie se situait souvent très bas dans la hiérarchie des ressources disponibles. Selon de multiples indications particulièrement inquiétantes, de nombreux enseignants ne savaient pas à quoi correspondait un article décrit par son nom et son numéro de catalogue, par exemple, il y avait une demande importante de chronométreurs à ruban de papier, mais très peu de commandes de ruban de papier ; 16 % seulement des professeurs de physique des classes du niveau A (avancé) possédaient un manomètre de Bourdon et 60 % des enseignants restants ne l'auraient pas utilisé s'ils en avaient eu un ; les professeurs de physique des classes du niveau 0 (ordinaire) ont donné des réponses semblables au sujet d'articles aussi essentiels que des lampes SBC, des fiches de 4 mm et des blocs d'alimentation à basse tension. Bien que la Jamaïque et la Guyane affrontent les problèmes économiques les plus graves de la région, ce qui les différencie nettement de Trinité-et-Tobago, l'enquête n'a pu faire apparaître de relation significative entre les besoins perçus par les enseignants et les pays. Il faut donc en conclure que les enseignants doivent être aidés pour savoir quoi commander et quoi utiliser, et qu'il y a là une question prioritaire à retenir pour des séminaires et des stages d'études pratiques.

Mais il ne suffit pas de fournir des connaissances. En effet, les enseignants antillais répugnent beaucoup à abandonner les « expériences » qu'ils ont eux-mêmes faites durant leur scolarité (la méthode des mélanges avec calorimètres en cuivre ou le test de Millon pour les protéines, par exemple) et les cours de formation organisés à leur intention n'ont eu que très peu d'impact sur les attitudes à la base de cette répugnance.

Savoir assurer la bonne marche d'un laboratoire

Lors d'une petite enquête et d'un stage d'études pratiques à Trinité-et-Tobago on a essayé, premièrement, de concilier les différentes perceptions des assistants de laboratoire et des professeurs de sciences de l'enseignement secondaire et, deuxièmement, de déterminer les besoins et les priorités à respecter dans les cours de formation destinés à ces deux catégories de personnel scientifique[1]. On a pu ainsi classer cinquante-cinq tâches à remplir par les enseignants, les assistants de laboratoire, le personnel d'entretien et les élèves pour assurer la bonne marche du laboratoire ; les participants se sont accordés à penser que les descriptions détaillées de ces tâches devaient être établies en commun dans chaque école. (On peut noter en passant que les deux catégories de personnel scientifique se déchargeaient sur le personnel d'entretien de tout ce qui concernait l'électricité, y compris changer les fusibles et poser des prises de courant.) En général, les assistants de laboratoire s'attendaient à plus de responsabilités que les enseignants ne pensaient leur en donner.

Le stage a également fait apparaître un tableau peu encourageant de l'état des connaissances théoriques et pratiques des participants à qui l'on a demandé s'ils s'estimaient capables de satisfaire les objectifs du cours de formation de techniciens mis au point par l'ASE[2]. Alors que la moitié des enseignants avaient presque terminé les cours menant au diplôme de pédagogie et que tous les assistants de laboratoire, sauf un, n'avaient aucune formation, les différences entre ces deux groupes étaient presque toujours insignifiantes. Une analyse des réponses de type « oui/non » pour 117 objectifs spécifiques a fait apparaître une asymétrie très nettement négative. Lorsqu'on regroupait en fonction d'objectifs généraux les réponses données pour les objectifs spécifiques, on n'obtenait que dans deux cas un chiffre supérieur à la moitié du maximum (environ 60 %) : *a)* connaissance des techniques simples d'utilisation et de lecture des instruments ; *b)* connaissance et compréhension de la nécessité d'appliquer des règles de sécurité.

1. J. F. Reay, *The management of school laboratories in Trinidad and Tobago,* Trinidad, University of the West Indies, School of Education, 1979 (multigraphié).
2. *Education in science,* Hatfield, Herts, Association for Science Education, n° 72, avril 1977, p. 23-25.

On peut comparer ce dernier point avec l'objectif général qui a obtenu le moins de points (juste avant un objectif concernant les lois et règlements, qui peut ne pas exister) : compréhension des règles fondamentales à suivre en cas d'accidents de laboratoires divers. Le pourcentage obtenu a été de 24 % pour les enseignants et de 36 % pour les assistants de laboratoire. Si on prend les objectifs spécifiques concernant la sécurité, on trouve, par exemple, que seulement 6 % des enseignants et 22 % des assistants de laboratoire se sentaient capables d'énoncer les priorités à respecter pour administrer les premiers soins ; aucun ne pouvait décrire le traitement en cas de choc dû à une blessure ; 18 % des enseignants seulement connaissaient le traitement des brûlures par produits chimiques ; seuls 24 % d'entre eux savaient reconnaître les indications signalant des substances dangereuses ; 12 % des enseignants et 0 % des assistants de laboratoire pouvaient énumérer des produits chimiques courants carcinogènes.

Cette enquête a permis de se faire une idée des domaines qui doivent retenir l'attention et des points oubliés dans la formation des professeurs de sciences de l'enseignement secondaire.

Parlant librement, les enseignants se sont plaints des cours qu'ils avaient suivis pour préparer leur diplôme. Ainsi, quand ils avaient des « expériences » à faire, ils trouvaient le matériel tout prêt déjà mis en place par les techniciens. Ils avaient certes appris à préparer des solutions de molarité courantes, mais ils ignoraient la concentration des solutions de référence et ne savaient pas comment préparer des solutions d'enzymes ou d'indicateurs, par exemple. Rien ne leur était dit sur la conservation des spécimens vivants, notamment des spécimens aquatiques, ni sur la façon de recueillir du matériel biologique. L'équipement était dépassé, il ne correspondait plus ni à ce dont on avait besoin, ni à ce qu'on utilisait dans les écoles et aucun conseil n'était donné sur la manière de l'entreposer, d'en prendre soin, de l'entretenir et de l'utiliser. Aucune consigne de sécurité n'était fournie. Il serait parfaitement possible d'inclure ces connaissances dans les cours actuels sans pour autant les déséquilibrer en en bouleversant l'esprit et la structure.

La façon dont les enseignants conçoivent le rôle de leurs assistants de laboratoire semble aussi découler de leur expérience à l'université. La majeure partie du travail du technicien universitaire est invisible, l'étudiant ne la voit pas ; aussi les enseignants se bornent-ils souvent à demander à leurs assistants de mettre les appareils en place et de les ranger ou, à la rigueur, de servir de démonstrateurs entre-temps. Ils ne considèrent pas l'atelier de l'assistant comme un lieu où il est possible de réparer, de construire et d'évaluer de l'équipement et de tester des techniques ; sa tâche ne leur semble pas exiger de qualifications particulières et leur paraît assez inintéressante.

Dans l'ensemble, les enseignants ne considèrent pas l'assistant de laboratoire comme un partenaire égal et n'ont que peu de considération pour son éthique professionnelle. Peu d'entre eux ont déjà pensé qu'ils devraient apprendre à l'assistant à jouer un rôle et à développer ses talents dans des domaines qui sont au-delà de leurs propres capacités et qu'ils devraient l'inciter à endosser des responsabilités.

Il faut aussi encourager les enseignants à planifier à l'avance leur travail afin d'aider l'assistant à organiser son temps. Grâce à une telle coopération, l'assistant attentif est en mesure de rappeler, avec tact, à leur devoir les autres enseignants qui n'ont pas prévu de travaux pratiques ou qui n'y ont pas pensé à l'avance.

A notre avis, la bonne marche d'un laboratoire dépend énormément de l'esprit de collaboration qui règne entre enseignant et assistant ; elle est pratiquement indépendante du niveau d'éducation et de formation de l'assistant pourvu qu'il ait été à l'école primaire et qu'il sache lire et écrire. Certes, en donnant une formation au technicien, on lui permet d'acquérir des capacités que l'enseignant n'a peut-être pas, mais cela risque de différencier grandement leurs rôles au point de rendre leurs relations infructueuses. De toute manière, il faudra sûrement beaucoup de temps avant que tous les enseignants puissent espérer travailler avec des techniciens formés ; aussi la formation qu'ils reçoivent eux-mêmes doit-elle tenir compte du fait qu'ils seront sans doute aidés par des assistants sans formation. La remarque vaut peut-être autant pour les pays où les assistants non formés peuvent fort bien avoir un diplôme en sciences que pour les pays qui sont obligés de recruter le personnel de laboratoire parmi des gens qui n'ont pas fait d'études secondaires. Selon Vitta[1], on a tendance à établir une distinction entre la « science » proprement dite et les tâches de réparation et d'entretien.

1. *The role of the laboratory in physics education.* Survey papers for International Commission on Physics Education Conference, Oxford, July 14-21, 1978. Rédigé par R. Ahmed (Inde) ; C. Gonzalez (Chili) ; G. Marx (Europe de l'Est) ; M. Mokhtar (Communauté arabe) ; V. M. Talisayon (Philippines) ; P. B. Vitta (Afrique).

Connaissance de la physique

La physique intervient dans l'enseignement de toutes les sciences, de même qu'au niveau des techniques de laboratoire et des capacités de gestion nécessaires à tout professeur de sciences. Or les Caraïbes se heurtent à cet égard à un problème puisque, dans toute la région, des Bahamas à la Guyane, on peut compter sur les doigts d'une main les éducateurs chargés de former les professeurs de sciences qui peuvent, même de façon marginale, aider les futurs enseignants à s'en sortir avec la physique dont ils ont besoin, qu'ils soient dans les facultés d'éducation ou de sciences exactes et naturelles, dans les ministères de l'éducation ou dans les écoles normales. La grande impulsion donnée à l'enseignement des sciences dans les années 70 était axée sur l'enseignement intégré des sciences ; le moment est peut-être venu de prêter attention aux questions de physique qui interviennent dans l'enseignement des sciences à tous les niveaux et dans tous les programmes. Comme partout ailleurs, l'enseignement de la chimie et (surtout) des sciences biologiques se porte relativement bien et l'idée d'intégration des sciences est un concept qui semble généralement mieux accepté qu'il ne l'est dans la plupart des cas en dehors des Caraïbes. Si l'enseignement de la physique est aussi mal desservi que l'indiquent les participants à des conférences récentes et certains chercheurs[1], c'est qu'il est, comme tout l'enseignement des sciences, dans un état précaire dans le monde entier.

Volonté de consulter les sources d'information à la recherche d'idées nouvelles

Le choix des manuels est fait par les enseignants, habituellement au niveau du département. A Trinité-et-Tobago, contrairement à ce qui se passe dans d'autres pays, les représentants des maisons d'édition tiennent bien les enseignants au courant de toute la gamme de livres à leur disposition et les enseignants prennent cette tâche à cœur. Cependant, la plupart d'entre eux, même ceux qui ont reçu une formation professionnelle, se contentent de puiser leurs idées dans un seul ou dans quelques manuels et les travaux pratiques indiqués dans les manuels sont généralement donnés à titre d'illustration.

Bien que l'Institut de formation pédagogique possède un éventail assez large de matériel pédagogique mis au point dans différentes parties du monde (mais qui à l'heure actuelle sont en train de devenir périmés), dans l'ensemble, ceux-ci n'ont pas réussi à susciter de l'intérêt pour la pratique ni des changements dans la pratique. On emprunte parfois le *Manuel de l'élève,* beaucoup moins fréquemment le *Livre du maître.* Comme certains manuels ont paru, à l'appui du WISC, on a pratiquement perdu de vue les *Livres du maître*[2] pour ce programme. Parmi tous les autres projets, celui de Nuffield est peut-être le seul qui ait suscité quelque intérêt, mais, ici aussi, l'attention s'est d'ordinaire portée sur les manuels pour les élèves, qu'ils aient été établis par les responsables du projet ou aient été écrits indépendamment, mais dans la même optique.

Une revue destinée aux professeurs de sciences est une des meilleures sources d'inspiration. Le *Journal of education in science for Trinidad and Tobago (JESTT),* revue de l'Association pour l'enseignement des sciences à Trinité-et-Tobago (ASETT), a un nombre assez élevé de lecteurs ; certains enseignants sont membres de l'Association britannique pour l'enseignement des sciences (ASE) ou de l'Association nationale des professeurs de sciences des États-Unis, ou des deux, pour en recevoir les publications. Dans l'ensemble, cependant, les enseignants n'utilisent guère les ressources de la section des périodiques de la bibliothèque de l'Institut de formation pédagogique et il faut les inciter à puiser dans ces richesses, en leur donnant quelques conseils à cet effet.

Problèmes nouveaux

Avec l'évolution récente de la situation dans l'enseignement, trois grands problèmes se posent.

Premièrement, il y a eu une forte augmentation dans la demande d'enseignants, et particulièrement de professeurs de sciences, dans les établissements d'enseignement secondaire. Chacun doit donc admettre que de nombreux enfants ont des professeurs

1. *The role of the laboratory in physics education, op. cit.,* et American Institute of Physics, *High school physics teaching : a report on current practices,* New York, AIP, 1972 ; G. Cook, « Teaching styles in the Nuffield A-Level physics course », *School science review,* vol. 60, n° 211, décembre 1978, p. 348-350 ; J. A. Eades, « Le rôle des travaux pratiques dans l'enseignement de la physique », dans J. L. Lewis (dir. publ.), *Tendances nouvelles de l'enseignement de la physique,* vol. III, chap. 4, Paris, Unesco, 1976 ; M. A. Ouraishy, « Problems in the teaching of physics in secondary schools in Kenya », *International newsletter on physics education,* n° 7, février 1980, p. 10-11 ; J. M. Wilson, « Practical work in physics in Scottish schools », *School science review,* vol. 58, n° 205, juin 1977, p. 783-789 ; B. E. Woolnough, « Practical work in Sixth Form physics », *Physics education,* vol. 11, n° 6, septembre 1976, p. 392-397.

2. P. Adey (dir. publ.), *West Indies science curriculum : Teachers guides* 1, 2, 3, London, Heinemann, 1976.

insuffisamment qualifiés et manquant d'expérience, qu'ils se retrouvent dans des classes surchargées et même ne reçoivent aucun enseignement pendant une partie de la journée. C'est une situation pénible pour tous : éducateurs chargés de former les enseignants, ministère de l'éducation, directeurs d'école, enseignants, parents et enfants ; ce qui entraîne le développement de comportement négatifs.

Le deuxième problème est qu'on ne tire pas pleinement parti des possibilités nouvelles d'assurer un enseignement efficace qu'offrent l'augmentation des ressources des établissements secondaires et la réduction du rapport élèves/maître dans les écoles primaires si l'on s'appuie sur l'expérience de la pratique antérieure. Bien qu'on ne puisse s'attendre que les enseignants acquièrent des capacités nouvelles ou de nouvelles façons de penser du jour au lendemain, il est raisonnable de demander aux maîtres des établissements pédagogiques de modifier rapidement, et de façon substantielle, la formation qu'ils dispensent aux futurs enseignants. A la lecture des comptes rendus négatifs que les publications donnent de ces cours de formation, on peut douter qu'il en sera ainsi.

Le troisième problème vient du fait que la majorité des enfants qui fréquentent aujourd'hui les établissements d'enseignement secondaire à Trinité-et-Tobago sont différents de ceux des années précédentes. Ces jeunes viennent de foyers défavorisés, beaucoup ne sont pas des alphabètes fonctionnels, ils n'apprennent pas aussi volontiers ou aussi rapidement que leurs prédécesseurs, ils manquent souvent et ils ont tendance, à l'intérieur de l'école comme au-dehors, à avoir une conduite socialement inacceptable. Les anciens programmes d'études et les méthodes pédagogiques d'autrefois ne conviennent tout simplement plus. Or aucune base de recherche n'a encore été mise au point et les seules personnes qui connaissent ces enfants sont les enseignants qui travaillent avec eux depuis deux ou trois ans. Nous avons vu que, même eux, n'ont pas suffisamment d'expérience pour analyser ces enfants ; d'ailleurs, comme ces derniers ne restent que deux ans dans le deuxième cycle de l'enseignement secondaire, ils n'ont guère le temps de révéler leur personnalité.

« On ne peut pas utiliser les outils d'hier pour le travail d'aujourd'hui et s'attendre à être toujours en activité demain[1]. »

1. N. O. Anim, « Opening address by professor N. O. Anim, Director-General, Ghana Education Service », dans B. J. Wilson et E. Apea (dir. publ.), *Languages and the teaching of science and mathematics with special reference to Africa*, p. 19-21, London, CASME (Report of CASME Regional Workshop, Accra, Ghana, 27 October-1 November 1975).

Microsolutions

Alors que la plupart des instituteurs reçoivent désormais une formation, il n'en est pas de même pour les professeurs du secondaire ; or l'on n'a pas encore fait de recherches pour savoir dans quelle mesure les professeurs qui ont reçu une formation fournissent un travail pratique plus efficace que ceux qui n'en ont pas eu. Dans l'échantillon de Mark, seulement 15 % des enseignants avaient un diplôme de pédagogie[2] ; on peut donc présumer que les problèmes et les méthodes décrits plus haut sont, d'une manière générale, représentatifs de ceux des professeurs sans formation dans le secondaire et des instituteurs avec une formation dans le primaire. Voici un bref aperçu de certaines des tentatives qui ont été faites pour mettre les enseignants sur la voie d'une solution de leurs problèmes.

1. *Conception de la science et de l'enseignement des sciences.* Dans la préparation du diplôme de pédagogie, l'un des éléments, qui est enseigné dès le début et activement, concerne la nature et la finalité de la science et de l'enseignement des sciences, et celles-ci sont étudiées parallèlement à la nature et la finalité de l'éducation, ou fondements de la pédagogie. Le choix des approches et des éléments d'information se fait de manière que les expériences aient un rapport avec les problèmes quotidiens des enseignants au contact des élèves et soient envisagées dans un contexte antillais et non pas seulement dans une optique universelle. Parmi la documentation utile, il y a les textes et le matériel pour les sciences intégrées du CXC qui ont été publiés récemment dans le *Guide de l'Unesco pour les professeurs de sciences* et, notamment, dans l'annexe « Questions à débattre »[3]. Les étudiants doivent réaliser un travail d'enquête scientifique, avec leurs élèves, assez restreint pour pouvoir être fait par les enfants en une heure ou deux dans le cadre du programme d'études.

Une modification des examens a été un facteur efficace de changement du contenu des cours de sciences à l'école normale ; ces examens portent maintenant d'assez près sur les analyses de processus dans le cadre du programme SAPATT appliqué dans le primaire. L'enseignement des faits pour la préparation du *GCE* cède la place à l'enseignement des sciences par l'étude des processus et à l'intégration du contenu et de la méthode. C'est dans cette direction qu'ont été recyclés les éducateurs chargés de la formation des enseignants.

2. P.E.M. Mark, *op. cit.*
3. J.D. Lockard *et al.*, *op. cit.*

2. *Connaissance des équipements nouveaux.* Pour préparer le diplôme de pédagogie, les enseignants ont peu d'occasions d'utiliser des modèles conçus après 1960 et d'emprunter de l'équipement. Lorsqu'ils rencontrent les enseignants en inspectant les écoles, les directeurs d'étude leur suggèrent les moyens de tirer parti des appareils nouveaux et leur en expliquent le mode d'emploi.

On organise de petits séminaires et stages d'études dans les établissements récents pour montrer à quoi peut servir le nouvel équipement ; les fournisseurs des appareils et leurs concessionnaires locaux sont alors d'une grande utilité. Les enseignants qui ont assisté aux stages annuels Griffin and George au Royaume-Uni sont maintenant conscients de leur responsabilité en tant qu'agents de diffusion locale. Mais tous ces efforts ne sont encore qu'une goutte d'eau dans la mer.

3. *Capacité de bien faire marcher le laboratoire.* Bien que ce soit un élément du programme préparant au diplôme de pédagogie, tant à l'Université que lors des inspections dans les écoles, on n'y consacre que peu de temps. Les postes de chef de département ne sont pas institutionnalisés. Généralement, les enseignants apprennent d'eux-mêmes, mais c'est un processus assez lent. L'ASETT s'est occupée de stages d'études pratiques pour assistants de laboratoire, ce qui semble répondre à un besoin.

4. *Connaissance de la physique.* Les professeurs de physique ont eu la possibilité de suivre des stages d'études pour améliorer leur façon de voir leur enseignement et surtout organiser des travaux pratiques efficaces. On envisage d'appliquer à titre expérimental le projet d'étude indépendante de la physique à un niveau avancé (projet APPIL[1]) afin d'améliorer le processus d'acquisition des connaissances parmi les élèves en sixième année d'études, ce qui libèrera leurs professeurs qui pourront alors donner un enseignement vraiment substantiel aux élèves des petites classes.

Les professeurs des autres disciplines scientifiques, qui ont étudié au sein de groupes plus ou moins intégrés lorsqu'ils préparaient leur diplôme de pédagogie, n'ont guère l'occasion d'améliorer leurs connaissances et d'acquérir davantage de confiance en soi. La Faculté des sciences naturelles a organisé pour des enseignants un séminaire d'une semaine, au cours duquel les scientifiques de l'université ont exposé les concepts scientifiques d'une manière intégrée, ce qui était finalement une tâche assez difficile, même pour eux.

5. *Assimilation des périodiques.* L'Institut de formation pédagogique a récemment entrepris de publier une série de bibliographies annotées des périodiques consacrés à l'enseignement des sciences. Certains articles de ces périodiques sont utiles aux enseignants à la recherche d'idées et d'approches nouvelles pour les travaux pratiques ; la bibliothèque de l'institut fournira des photocopies de ces articles aux enseignants qui ont difficilement accès aux périodiques. On espère qu'avec le temps, davantage d'enseignants s'abonneront aux périodiques répondant le mieux à leurs besoins et contribueront eux-mêmes à l'établissement des ces bibliographies.

L'avenir

Les mesures esquissées ci-dessus ne peuvent avoir que des effets restreints. Cependant, des décisions gouvernementales prises tout récemment prévoient une forte augmentation des possibilités d'améliorer la pratique des enseignants.

Université. L'Institut de formation pédagogique admettra davantage d'étudiants pour le cursus actuel et préparera à de nouveaux diplômes : une maîtrise de pédagogie, un diplôme d'aptitude à la formation des maîtres et un certificat de pédagogie (pour les enseignants ayant une certaine expérience, mais ne possédant pas de titre universitaire). En coopération avec d'autres facultés, l'institut décernera un « grade universitaire avec pédagogie » (obtenu après quatre années d'études) ; il s'agira d'un cours de formation préalable à la fin duquel l'étudiant aura un diplôme de premier cycle et un diplôme de pédagogie. La qualité de l'enseignement donné à l'institut devrait s'améliorer grandement grâce à la multiplication par trois des membres du personnel enseignant ; l'institut pourrait devenir la faculté numériquement la plus importante de l'université, ce qui devrait rehausser son prestige.

Parmi les problèmes à prendre en considération dans le domaine des études de sciences, on peut citer les suivants :

Il faut déterminer quels sont les changements à apporter aux cours de sciences des premières années d'université, surtout à ceux qui mènent à la licence de sciences et au diplôme de pédagogie.

1. Advanced Physics Project for Independent Learning (APPIL), London, John Murray en collaboration avec Inner London Education Authority, 1978.

Faut-il préparer en même temps ou successivement la licence de sciences et le diplôme de pédagogie ?[1].

Doit-on assurer une formation professionnelle fondée sur les compétences et les performances, ou une autre formation ? Mark, dans sa thèse de doctorat[2], recommande cette approche et identifie les points de vue des enseignants dans les établissements secondaires de Trinité-et-Tobago.

Quel doit-être le degré d'intégration ou de séparation des sciences par rapport à la composante professionnelle ?

Il faut donner aux scientifiques, directeurs d'étude, plus de possibilités d'utiliser leurs compétences (relativement précieuses) dans le domaine scientifique au lieu de les disperser pour tenter de répondre à tous les besoins.

Il convient de prévoir davantage d'espace, de ressources matérielles et d'aide technique pour l'enseignement des aspects pratiques de l'enseignement des sciences.

Centres de documentation et d'élaboration de programmes d'enseignement. Ces centres seront créés dans deux écoles normales occupant une situation géographique centrale. Ils rendront peut-être de bons services aux enseignants de sciences, car le matériel pour les cours de sciences est si varié et parfois si peu utilisé que son stockage dans les écoles pose des problèmes d'argent et d'espace ; de plus, les enseignants ont besoin de conseils sur le mode d'emploi, les possibilités et l'entretien des appareils ainsi que sur les précautions à prendre. Il faudra mettre au point d'autres choix que la préparation au *GCE* « sciences » et au difficile *CXC* « science intégrée » dans un pays qui se tourne actuellement vers la science et la technologie et qui possède les ressources financières nécessaires.

Écoles normales. Puisque celles-ci ont réussi à ramener à une vingtaine le nombre d'élèves par enseignant formé dans les classes primaires, elles peuvent maintenant porter leur attention sur des tâches moins urgentes, pour rapprocher leur pratique de celle qui est souhaitable pour une bonne formation des maîtres. L'action reste à définir dans le détail, mais on espère que les écoles normales seront perçues comme des centres de formation continue et permanente pour les enseignants, conformément aux tendances actuelles[3]. On espère aussi qu'à ce titre elles permettront d'éliminer les conflits et les fausses conceptions qui peuvent exister au sujet des rôles et de la condition des enseignants, ou de leurs objectifs et de leur pratique, et qui créent actuellement des fossés entre les enseignants des différents niveaux : primaire, secondaire et supérieur. Whittaker est de ceux qui se sont récemment prononcés en faveur de tels échanges de conceptions, de données d'expérience et de points de vue[4] ; une association de professeurs de sciences peut fournir une contribution essentielle à cet égard : il serait bon qu'elle s'appuie sur un centre fréquenté par les enseignants de tous les niveaux de l'éducation. Les écoles normales pourraient alors devenir un foyer d'innovation et de communication si elles veulent que leur fonction, qui est de préparer des enseignants pour le primaire, s'élargisse. A Trinité-et-Tobago, c'est aujourd'hui une chose possible.

Premier cycle de l'enseignement secondaire. Pour ce cycle, on songe à mettre à jour le WISCIP d'après les résultats de recherches sur ses exigences et sur les niveaux conceptuels de ceux auxquels il s'adresse[5]. La première mesure consistera à organiser un séminaire, en collaboration avec le British Council, afin de donner des directives aux enseignants principalement chargés de la révision.

1. Voir *International newsletter on chemical education, op. cit. ;* Leeds University Institute of Education, *op. cit. ;* R. Meyer, *op. cit. ;* et A. Lourdusamy, « New trends in the training of chemistry teachers », *Journal of science and mathematics education in Southeast Asia,* vol. 2, n° 2, juil. 1979, p. 35-41.
2. P.E.M. Mark, *op. cit.*
3. Cheong Siew Yoong, *op. cit. ;* R. Meyer, *op. cit. ;* K. W. Keohane, « La formation préalable des maîtres de sciences intégrées dans les établissements de formation pédagogique et à l'université », dans P. E. Richmond (dir. publ.), *Tendances nouvelles de l'enseignement intégré des sciences,* vol. III, p. 63-69, Paris, Unesco, 1976 ; J. Kotasek, « Un nouveau type d'enseignant (professionnalisation, différenciation et formation par étapes) » dans *L'éducation en devenir,* p. 207-212, Paris, Unesco / Toronto, OISE, 1975 ; G. Ramsey, « La formation en cours d'emploi des maîtres de sciences intégrées », dans P. E. Richmond (dir. publ.), *Tendances nouvelles de l'enseignement intégré des sciences,* vol. III, p. 70-78, Paris, Unesco, 1976.
4. M. Whittaker, « They're only playing. The problem of primary science », *School science review,* vol. 61, n° 216, mars 1980, p. 556-560.
5. P. Adey, « Two tasks for the assessment of levels of cognitive development in Caribbean junior secondary school », *op. cit. ;* M. Manbodh, *An investigation into the cognitive development of students of forms I, 2 and 3 in Holy Name Convent and the conceptual demands of the WISCIP Programme* [Diploma of Education School Study (thèse inédite), Trinidad, University of the West Indies School of Education, 1977].

Nouvelles écoles primaires. Ces écoles auront des laboratoires équipés et les sciences seront inscrites à l'examen que les enfants passent à l'âge de 11 ans et qui détermine en grande partie la pratique suivie par les enseignants du primaire.

Assistants de laboratoire. Il existe un comité consultatif national qui s'occupe de la révision des programmes de leur cours de formation, afin de les faire mieux correspondre aux besoins des écoles. Bien que toutes ces décisions soient récentes, elles ont déjà largement dépassé le stade de la planification et on devrait assister à des réalisations substantielles d'ici à un an.

De nouveaux horizons pour la formation des enseignants

Des projets aussi ambitieux de la part du gouvernement méritent d'être accompagnés par une révolution dans les approches des maîtres chargés de la formation des enseignants. Il y aura certes toujours un certain déséquilibre, quelles que soient les mesures prises pour la formation des enseignants, mais l'inadéquation entre les installations offertes et l'orientation professionnelle des enseignants s'aggravera sans doute si on ne fait rien pour accélérer l'évolution des approches adoptées pour la formation des enseignants. Il n'est pas certain que les professeurs des écoles normales et instituts de formation pédagogique seront prêts à accepter une révolution, mais nous pouvons espérer qu'ils essaieront, du moins, d'accélérer l'harmonisation entre la pratique et les tendances actuelles et qu'ils examineront attentivement les innovations parfois radicales suggérées par leurs collègues d'autres pays. Manifestement, le combat doit être mené à tous les niveaux d'enseignement (primaire, secondaire et supérieur) et, plus spécialement, au niveau des professeurs d'université chargés de la formation des enseignants, encore que ces derniers ne se soient guère distingués dans leurs écrits par leurs facultés d'autocritique. La responsabilité de former les enseignants est assurément l'une des plus lourdes qui soit. Celui qui en a la charge est en mesure d'influer sur la vie de tous les enfants qui constitueront la prochaine génération d'adultes, ainsi que sur la carrière des membres du groupe professionnel le plus nombreux qui soit, à savoir les enseignants qui exerceront toujours leur métier au siècle prochain[1].

1. E. Faure *et al., Apprendre à être,* p. 245, Paris, Fayard-Unesco, 1972.

Le présent article porte certes sur la formation à donner aux enseignants pour qu'ils mettent au point des travaux pratiques de sciences qui soient efficaces ; mais les travaux pratiques font tellement corps avec l'apprentissage des sciences et les sciences elles-mêmes sont une composante si intégrante de l'éducation, qu'il est essentiel de révolutionner toute la formation des enseignants si l'on veut que les travaux pratiques deviennent plus efficaces. Les microsolutions, les cours accélérés, les « expériences que chacun peut faire »[2] exigent beaucoup de temps de la part des professeurs chargés de la formation des enseignants et ne semblent pas avoir réussi, où que ce soit, à briser le cycle de la transmission des données d'expérience.

Il faut trouver les moyens d'aider les enseignants à prendre en main leur propre développement, aussi bien durant leur phase initiale de formation que tout au long de leur vie professionnelle. La sécurité et la confiance sont absolument essentielles pour que cela soit possible[3]. On aura besoin d'enseignants coopératifs dans les écoles pour qu'ils partagent avec les professeurs des écoles normales ou instituts de formation pédagogique la tâche d'initier les jeunes enseignants qui débutent dans leur profession.

La pratique qui consiste à former une génération d'enseignants par un cours valable une fois pour toutes devrait céder la place à une formation permanente soit sous forme de périodes successives de cours à plein temps et de cours à temps partiel, soit sous forme de processus continu. C'est une nécessité pour toute société et pour tout système scolaire en évolutions rapide et, surtout, pour des enseignants concernés par un domaine aussi dynamique que la science[4].

Les programmes de formation des enseignants doivent être repensés, car ils doivent aider les enseignants à faire passer la théorie pédagogique dans leur

2. M. Whittaker, *op. cit.*
3. Cheong Siew Yoong, *op. cit. ;* W. Harlen, *op. cit. ;* N. van der Cingel, « La formation des enseignants en vue de l'enseignement intégré des sciences. Besoins et stratégies », dans J. F. Reay, *Tendances nouvelles de l'enseignement intégré des sciences, op. cit.,* p. 85-94 ; S. Haggis et P. Adey, « A review of integrated science education-worldwide », dans D. Chisman (dir. publ.), *Integrated science education-worldwide,* p. 10-29, London, ICASE, 1978 (Rapport intérimaire de la Conférence internationale de Nimègue [Pays-Bas], 28 mars-7 avril 1978) ; Science education programme for Africa (SEPA), *Handbook for teachers,* Accra, SEPA, 1974.
4. Cheong Siew Yoong, *op. cit. ;* E. Faure *et al., op. cit.,* p. 133 ; K. W. Keochane, *op. cit. ;* J. Kotasek, *op. cit. ;* R. Meyer, *op. cit. ;* G. Ramsey, *op. cit. ;* M. Whittaker, *op. cit. ;* A. B. Williams, « Teacher education and primary science implementation », dans Reay, *Integrated science and teacher education, op. cit.,* p. 45-55.

pratique de l'enseignement des sciences. En attendant de connaître les résultats des recherches entreprises et d'avoir une théorie de la formation des enseignants, il serait bon d'envisager sérieusement la structure qui concerne les méthodes afin d'en faire le point central du cours[1], ou de faire de la formation pratique l'élément essentiel du cursus[2]. Cela sera peut-être particulièrement difficile, car il faudra retirer du pouvoir aux directeurs d'étude qui enseignent les fondements de la pédagogie[3].

Il faudra non seulement trouver les moyens d'offrir des programmes de perfectionnement aux professeurs chargés de la formation des enseignants, mais aussi réussir à les convaincre que ces programmes sont nécessaires. A Trinité-et-Tobago, un programme de ce genre a vu le jour avec l'aide de l'Inter-University Council et du Coordinating Committee for the Training of University Teachers (CCTUT) du Royaume-Uni ; ce brillant modèle d'approches pédagogiques n'a pas réussi à attirer de nombreux participants, même à l'Institut de formation pédagogique, et peu ont eu envie de l'essayer. L'ASTEP était une approche différente du perfectionnement des maîtres chargés de la formation pédagogique et il est possible que des stratégies semblables soient tentées ailleurs[4].

Les maîtres chargés de la formation des enseignants peuvent facilement analyser les faiblesses de leurs étudiants dans leur pratique scolaire et celles de leurs collègues. Et ceux qui doivent former les professeurs de sciences doivent endosser la responsabilité d'avoir échoué à rapprocher, si peu que ce soit, l'enseignement et l'apprentissage des sciences de la conception que nous nous faisons de la science et de son enseignement. Si nous n'apportons ici aucune solution à ce problème, c'est que nous n'en avons aucune. Tout ce que nous pouvons espérer, c'est que, dans notre petit pays où il n'y a pas d'obstacles matériels et où il existe de bonnes relations entre les professeurs de sciences, nous saurons tirer parti du développement de nos possibilités en faveur des enfants un peu plus vite que nos collègues des autres pays.

Pour être efficaces, les techniciens doivent recevoir une formation ; il existe des programmes de formation internationalement reconnus qui conduisent à l'obtention du titre de technicien qualifié de laboratoire de science. De nombreux pays prévoient dans les établissements scolaires la présence de membres du personnel de service, qu'on appelle, d'une manière assez vague, assistants de laboratoire. Le texte précédent a montré qu'un élève qui quitte l'école avec un GCE O-Level *en sciences (examen passé à la fin de l'enseignement secondaire dans le système anglais, d'ordinaire à 16 ans) possède un titre qui ne le qualifie pas spécialement pour faire face aux tâches d'un assistant de laboratoire.*

Le texte qui suit décrit les mesures prises en Afghanistan pour doter le ministère de l'éducation de personnel de laboratoire qualifié.

1. J. T. Haysom et C. R. Sutton, *op. cit.*
2. N. Van der Cingel, *op. cit.*
3. A Lourdusamy, *op. cit. ;* R. Meyer, *op. cit. ;* P. F. W. Preece, « Towards a science of teaching science », *School science review,* vol. 58, n° 205, juin 1977, p. 801-806 ; C. R. Sutton, « What skills are needed to teach integrated science, and how can their development be monitored ? » dans D. Cohen (dir. publ.), *Tendances nouvelles de l'enseignement intégré des sciences,* vol. IV, chap. 5, Paris, Unesco, 1977.
4. *ASTEP, op. cit. ;* N. van der Cingel, *op. cit.,* W. Harlen, *op. cit. ;* R. Meyer, *op. cit. ;* C. R. Sutton, *op. cit. ;* H. A. Foecke, « La formation des maîtres de sciences intégrées : questions fondamentales et réponses proposées », dans P. Richmond (dir. publ.), *Tendances nouvelles de l'enseignement intégré des sciences,* vol. III, p. 11-12, Paris, Unesco, 1976.

La création d'une école de formation de techniciens de laboratoire

Centre scientifique national,
Afghanistan

Introduction

Les problèmes de l'enseignement scientifique et technique ont dû être sérieusement examinés en raison des rapides progrès intervenus et des innovations introduites dans ce domaine et de l'utilité de la science dans la vie quotidienne des élèves. En ce qui concerne les programmes d'enseignement existants, le ministère afghan de l'éducation a doté un nombre limité d'écoles d'un équipement moderne de laboratoire, tandis que, conformément à la Charte des Nations Unies, le gouvernement tentait d'assurer un enseignement gratuit à tous les enfants du pays. Compte tenu d'un taux d'alphabétisation très faible et de bâtiments scolaires insuffisants pour accueillir les enfants scolarisables, un vaste programme s'est révélé indispensable. Il s'est cependant heurté aux difficultés suivantes : pénurie de locaux scolaires appropriés ; fossé entre la formation des enseignants et la rapide évolution de l'éducation ; manque de laboratoires conformes aux exigences des programmes ; insuffisance de manuels et d'autres matériels d'enseignement ; pénurie de personnels de laboratoire qualifiés et contraintes financières.

Création d'une école de formation des techniciens de laboratoire scientifique

Compte tenu de la situation nouvelle, le gouvernement a pris des mesures pour remédier aux insuffisances du système. En ce qui concerne la science et la technologie, le Centre scientifique national (NSC) a produit des nécessaires de matériel et des livres du maître destinés à l'enseignement de la biologie, de la chimie, de la physique et des mathématiques. Parallèlement, il a organisé, dans toute la république, des cours de recyclage des maîtres afin de les familiariser avec le nouveau matériel. En vue d'assurer la pleine utilisation des équipements et du matériel, ce centre a simultanément établi des stages de courte durée à l'intention des personnels de laboratoire déjà en place dans les écoles, et qui faisaient jusque-là office de simples magasiniers. Cette dernière activité a conduit à la création de l'École de formation des techniciens de laboratoire scientifique.

Créée par le ministère de l'éducation en mars 1977, l'école partageait, au départ, les mêmes locaux qu'un lycée. Après le changement constitutionnel de 1979, elle a été rattachée au ministère de l'enseignement supérieur et professionnel.

Objectifs de l'école

L'école a été créée pour former de jeunes techniciens de laboratoire scientifique. Parallèlement à l'enseignement général qui leur est dispensé, les étudiants apprennent à entretenir correctement et à utiliser pleinement les matériels et équipements des laboratoires scientifiques scolaires, à assister les professeurs de sciences dans l'exercice de leurs fonctions et à concevoir des appareils de laboratoire simples et à bon marché destinés à faire comprendre aux élèves les principes de la science moderne.

Initialement, l'école est destinée à offrir un programme de quatre années en vue de former des techniciens pour les activités supervisées par le ministère de l'éducation. Les diplômés ainsi formés remplaceront le personnel de laboratoire non professionnel employé actuellement dans les écoles.

Sélection des étudiants

Les étudiants sont choisis parmi les élèves qui ont achevé la huitième année d'enseignement général et ont passé avec succès un examen comprenant, premièrement, une épreuve d'aptitude portant sur des matières d'enseignement général et, deuxièmement, un stage de formation spécialisée d'une durée d'un mois sous la supervision d'experts. Pendant cette période, l'intérêt et les compétences de l'élève sont

soigneusement déterminés, compte tenu en particulier de ses aptitudes pratiques, puis la sélection finale est opérée. L'examen d'entrée a lieu immédiatement après les examens de sortie de huitième année. Ainsi, les candidats qui échouent au deuxième volet de l'examen sont encore en mesure de déposer une demande d'inscription dans un lycée normal ou dans un établissement d'enseignement technique ou professionnel. L'examen d'entrée a lieu dans l'une ou l'autre des deux langues nationales, le pachto ou le persan.

Soixante étudiants ont été sélectionnés pour la première année. Choisis sur une base géographique, ils sont censés retourner dans leurs provinces respectives au terme de leurs études. Les étudiants venus des provinces sont logés dans des dortoirs, nourris et vêtus gratuitement et reçoivent, en outre, le matériel scolaire dont ils ont besoin (livres, etc.). Ceux de Kaboul et des environs sont demi-pensionnaires.

Tableau 1. Programme scolaire. Répartition des matières (en heures) de la 9e à la 12e année

Matière	Nombre d'heures			
	9e année	10e année	11e année	12e année
Anglais	5	5	5	5
Première langue	2	2	2	2
Deuxième langue	2	2	2	2
Sciences	16	16	16	17
Mathématiques	6	6	6	6
Théologie	2	2	1	–
Éducation physique	1	1	1	1
Sciences sociales	3	3	3	3
Travaux manuels	3	3	4	4

Le tableau 1 indique la répartition des matières, en heures, pour chaque année. La durée totale des cours est de quarante heures par semaine, dont 55 % sont consacrées aux sciences et aux mathématiques et 8,75 % aux travaux manuels. Un certain accent est donc mis sur les travaux pratiques, de manière à améliorer le processus d'apprentissage et à former des techniciens qualifiés. Le programme de sciences et de mathématiques a été élaboré avec l'aide du personnel de l'Unesco détaché auprès du NSC en vue de former des techniciens de laboratoire conformément aux objectifs fixés. Ce programme a de nombreux points communs avec ceux des autres écoles, de telle sorte que les diplômés de l'établissement peuvent, s'ils en sont capables, entrer à l'université. En 10e et 11e année, les sciences sont enseignées sous une forme combinée. En 12e année, en revanche, elles sont abordées en tant que disciplines séparées, par exemple chimie, biologie ou physique. Tous les cours sont préparés sous une forme modulaire. Pour l'enseignement des mathématiques, outre le cours au tableau noir, on emploie couramment une approche pratique.

Matériels et équipements didactiques

Jusqu'à présent, l'école manque d'équipements de laboratoire, de bibliothèque et d'atelier qui lui soient propres. Malgré ces contraintes, le Centre scientifique national a utilisé tous les moyens à sa disposition pour valoriser l'enseignement des sciences et des mathématiques à l'École de formation des techniciens de laboratoire scientifique. L'accent est mis non seulement sur le matériel standard de laboratoire, mais encore sur le matériel localement disponible, de manière à présenter clairement les notions scientifiques aux élèves. Des livres de sciences et de mathématiques ainsi que des manuels de laboratoire ont été publiés et distribués aux étudiants par le NSC.

Ces activités ont été financées, dans une large mesure, par le budget de l'État, en partie avec l'assistance de l'Unesco.

Financement

L'État prend en charge toutes les dépenses : locaux, matériel, rémunérations du personnel, frais d'internat, argent de poche et uniformes des étudiants. Une assistance réduite a été fournie par l'Unesco sous forme de services d'experts[1], et il est prévu qu'une assistance supplémentaire pourrait être demandée, à une date ultérieure, sous forme de matériel et d'équipement.

Évaluation

Deux méthodes types d'évaluation sont utilisées en Afghanistan dans le système scolaire actuel.

1. Les étudiants doivent passer un examen comprenant deux volets : l'un en milieu d'année et l'autre en fin d'année. Les résultats de ces examens

1. Au titre du Projet d'enseignement scientifique gouvernement/Unesco/PNUD (AFG/79/004), une aide en vue de l'élaboration des programmes de sciences et de mathématiques des 11e et 12e années était prévue pour 1979/80. Cette assistance devait être fournie par le personnel de l'Unesco détaché auprès du NSC, mais, en raison de la situation dans le pays, elle ne l'a été que partiellement.

entrent pour environ 80 % dans la note finale, les 20 % restants sanctionnent le travail effectué à la maison et en classe. Les élèves reçus sont admis dans la classe supérieure et ceux qui sont recalés ont la possibilité de redoubler ; s'ils échouent une nouvelle fois, ils sont exclus de l'école.

2. Le deuxième type d'évaluation est un contrôle direct ou indirect du travail concret effectué par les étudiants ; les résultats de ce contrôle sont ensuite soumis au NSC pour qu'il perfectionne et/ou modifie ses programmes. A la fin de chaque année scolaire, les programmes de sciences, de mathématiques et de travaux pratiques sont évalués pour chaque classe et les modifications nécessaires y sont apportées.

Contraintes

Étant donné que la création, en Afghanistan, de l'École de formation des techniciens de laboratoire scientifique est récente et que l'expérience dans ce domaine était auparavant limitée, on s'est heurté à certains problèmes : manque de locaux appropriés pour l'école ; pénurie de personnel enseignant qualifié ; insuffisance de laboratoires, d'ateliers, d'auxiliaires audiovisuels, de bibliothèques et d'autres matériels et équipements didactiques ; impossibilité, pour les maîtres et les élèves, d'améliorer et d'étendre leurs connaissances grâce à des bourses d'études ou de perfectionnement. Malgré tout ceci, le NSC constitue une base solide pour transmettre aux jeunes élèves les connaissances nécessaires.

Observations

Lorsqu'elle sera mieux rodée, l'école devrait en principe, si elle continue de bénéficier d'une assistance financière, offrir deux années de cours supplémentaires (13e et 14e année). A ce moment-là, et à condition que l'école ait pu se doter de laboratoires et d'ateliers bien équipés, ainsi que de personnel qualifié, il deviendra possible de former des techniciens de laboratoire professionnels pour répondre aux besoins du pays dans divers domaines comme l'agriculture, la santé publique, l'université, l'industrie, etc.

La formation d'un personnel de laboratoire qualifié est considérée comme un moyen essentiel de faire en sorte que les laboratoires et le matériel soient bien entretenus et que les maîtres disposent de l'assistance dont ils ont besoin pour assurer à leurs élèves un bon environnement éducatif.

Une fois entré en fonctions, le maître doit non seulement chercher continuellement à améliorer ses méthodes pédagogiques, mais aussi suivre des cours de recyclage pour se familiariser avec les tendances et les techniques modernes, de manière à se perfectionner constamment.

L'exposé suivant a trait à la création d'un Centre de formation des maîtres à Bombay (Inde) ; il témoigne de l'enthousiasme du personnel concerné et montre comment cette expérience a conduit à la création d'autres centres.

Le Centre de formation des maîtres : une expérience constructive et stimulante

Madhuri R. Shah

« La science est descendue du ciel jusqu'à la terre sur le plan incliné de Galilée. » Cette formule résume à la fois l'histoire et la méthodologie de la science. Avant le « plan incliné », au moment où les philosophes grecs étudiaient l'astronomie, la science était dans le ciel. L'étude de la voûte céleste s'est développée et est devenue plus précise quand l'œil nu a reçu le renfort de la lunette de Galilée. La nouvelle science de la radio-astronomie est née avec l'invention du radiotélescope. Il n'en demeure pas moins que les sciences physiques restent tributaires de la portée des sens humains qui, par l'intermédiaire des instruments et des appareils, ouvrent la voie au savoir. La tour penchée de Pise et le plan incliné ont permis à Galilée de formuler les lois de la chute des corps. Et le bain dans lequel il était immergé a permis à Archimède de découvrir les lois qui régissent les corps flottants. L'essence même de la science est l'expérience et l'expérience dépend elle-même des divers types d'instruments et d'appareils.

Si la science est née de l'expérience, la communication de la science, pour être efficace et réussie, doit en porter la marque. L'enseignement des sciences ne sera donc qu'une parodie du processus scientifique s'il n'est que théorique. Selon le célèbre physicien Tyndall, les professeurs de sciences ont essentiellement pour rôle d'éveiller chez leurs élèves l'amour de l'étude des sciences. Et il soutient que la meilleure façon d'y parvenir est de mettre en évidence les faits et les principes qu'il est indispensable de connaître, en ayant recours à des appareils aussi simples que possible, de manière à initier les enfants à la pratique concrète du travail expérimental. Il affirme qu'aucun professeur de sciences ne peut être considéré comme prêt à assurer une heure de cours s'il ne s'y est pas préparé expressément dans cette perspective. Les expériences font en effet partie intégrante de son message ; elles doivent être conduites avec autant de rigueur et de maîtrise que ses exposés. Telle est bien la doctrine du Centre de formation des maîtres créé à Bombay.

Dans une grande ville comme Bombay, qui compte environ 1 200 écoles primaires et préprimaires accueillant les élèves de la première à la septième année d'études, et répondant ainsi aux besoins de plus d'un demi-million d'enfants, il est impossible d'offrir à tous les élèves des instruments sophistiqués pour réaliser des expériences scientifiques. En outre, les créateurs du centre étaient convaincus que les notions scientifiques sont mieux assimilées par les enfants quand les appareils utilisés sont simples et, dans un nombre non négligeable de cas, quand ils sont fabriqués par les enfants eux-mêmes avec l'aide de leur professeur. Les qualifications des maîtres de l'enseignement primaire sont limitées et l'on n'en trouve pratiquement aucun qui ait un grade universitaire en sciences. L'idée que les enfants et les enseignants devraient participer concrètement à des activités scientifiques, procéder à leurs propres observations, formuler leurs propres hypothèses et les tester, et découvrir ainsi un grand nombre des lois de la nature, était absolument neuve pour les institutions de Bombay.

En 1971, quand le premier Centre de formation des maîtres a été créé, à titre expérimental, pour les écoles de la Bombay Municipal Corporation, l'une des principales activités de ce centre consistait à aider les maîtres à mettre au point avec des moyens de fortune un matériel scientifique de nature à illustrer efficacement et de manière très simple les différents concepts scientifiques. Un autre objectif était de faire en sorte que les enseignants prennent conscience de la place et de l'importance des sciences dans un pays en développement comme l'Inde. Des efforts ont été faits pour stimuler les maîtres qui avaient déjà consacré dix à quinze ans de leur vie à l'enseignement, en provoquant des défis qui les sortent de la routine et en mettant à leur disposition des moyens propres à promouvoir la curiosité d'esprit, une attitude scientifique et la volonté de résoudre des problèmes quotidiens. Les objectifs spécifiques du centre s'énonçaient ainsi :

Élaborer une méthodologie participative et active d'enseignement et d'apprentissage des sciences de façon à rendre l'ensemble de ce processus intéressant et à assurer une compréhension réelle des questions étudiées.

Apprendre aux enseignants à fabriquer avec des moyens de fortune un matériel scientifique dont les élèves puissent se servir pour faire des découvertes par eux-mêmes. Tout a été mis en œuvre pour encourager l'utilisation de produits locaux et d'articles de rebut.

Développer chez les maîtres, à l'occasion du programme de recyclage offert, la capacité de trouver par eux-mêmes des réponses aux problèmes simples par l'observation et la recherche.

Utiliser l'environnement de façon beaucoup plus efficace et trouver du plaisir à explorer et à étudier les diverses formes de vie que notre très riche environnement de Bombay nous donne l'occasion de côtoyer. Les enseignants du centre sont sortis en groupes et ont élaboré l'ensemble de leurs programmes d'enseignement sur la base de la biologie de la rue. A Bombay, où les trottoirs sont souvent éventrés pour des travaux de réparation ou de construction, ils ont eu la joie de découvrir en regardant à leurs pieds une riche vie végétale et animale qu'ils n'avaient jamais remarquée auparavant.

Permettre aux enseignants de comprendre et d'apprécier les phénomènes scientifiques rencontrés dans la vie quotidienne ainsi que les utilisations que fait l'homme des organismes vivants.

Le Centre de formation des maîtres est devenu un lieu de travail passionnant où des artistes et des techniciens ont facilité la tâche des enseignants grâce à leurs avis et à leurs conseils. La créativité des maîtres s'est exercée dans plusieurs directions ; ils ont mis au point de véritables objets d'art, parfois extrêmement simples, parfois extrêmement élaborés, pour une utilisation quotidienne en classe. Parmi les activités entreprises au centre par les maîtres figurent notamment : l'aménagement d'un aquarium et d'un terrarium pour leurs classes ; l'aménagement de musées scolaires avec des spécimens collectés lors des principales excursions ; la création, dans les écoles, de clubs scientifiques et l'organisation de rencontres avec des spécialistes sur différents thèmes scientifiques ; l'organisation de foires scientifiques et la réalisation de films fixes pour illustrer l'enseignement en salle de classe.

Les maîtres ont fabriqué un certain nombre d'appareils : trépieds de chauffage, pesons à ressort, baromètres anéroïdes, plans inclinés, bocaux-aquariums et bacs-terrariums. Ils ont communiqué leur enthousiasme aux enfants et les ont aidés à entreprendre diverses activités et à fabriquer, à leur tour, des appareils. Ces travaux les ont initiés à divers phénomènes scientifiques et leur ont fait découvrir et apprendre l'art de couper, de coller, de peindre, de visser, de clouer, etc. La liste ci-après énumère certaines des activités auxquelles les enfants des écoles primaires ont pris plaisir (quelques-unes d'entre elles sont décrites dans l'annexe).

Élèves d'une école primaire étudiant une installation électrique simple.

Fabriquer un filtre à eau avec un entonnoir.

Montrer que la surface d'une feuille présente des stomates à travers lesquels l'air passe.

Montrer que la surface d'une feuille présente des stomates à travers lesquels la vapeur d'eau passe (transpiration).

Montrer l'effet du rayonnement sur différentes surfaces.

Montrer que l'air chaud est plus léger que l'air froid.

Reconnaître divers sons produits par des hochets.

Utiliser des bouteilles comme sources de musique.

Observer la germination de différents types de semence.

Observer comment une banane glisse automatiquement dans une bouteille.

Fabriquer un ludion.

Fabriquer un hydromètre élémentaire.

Fabriquer une bascule avec une bougie.

Faire danser une poupée.

Enseignants travaillant à mettre au point des expériences au Centre de formation des maîtres de Bombay.

Élèves d'une école primaire effectuant des travaux pratiques à l'aide d'une balance simple fabriquée localement.

Fabriquer une poupée qui est intimidée devant un miroir.
Fabriquer un électroscope.
Voir ses propres ondes sonores.
Fabriquer un sténoscope.
Fabriquer un disque pour étudier les mélanges de couleurs.
Fabriquer une loupe rudimentaire en laissant tomber des gouttes d'eau sur une surface polie.

En apprenant à peser des objets sur une balance élémentaire fabriquée par eux à l'aide de bouts de bois, les enfants ont aussi commencé à comprendre le principe du levier et la relation entre la distance par rapport au couteau et le poids. Certaines photographies où l'on voit les élèves et leur maître travaillant avec ce matériel improvisé montrent à quel point tout ce processus d'apprentissage passionne et captive les enfants.

Le Centre de formation des professeurs de sciences a eu une influence très sensible sur l'enseignement et l'apprentissage des autres matières du programme. En effet, la conception même de l'enseignement a radicalement changé dans le primaire. Les écoles primaires de Bombay ont abandonné l'ennuyeuse méthode du cours magistral, qu'un grand nombre d'entre elles employaient auparavant, et sont devenues des lieux ouverts où maîtres et élèves travaillent ensemble pour faire par eux-mêmes des découvertes qui les incitent à admirer les merveilles de la nature. Les enfants sont devenus plus sensibles à leur environnement, au sujet duquel ils ont commencé à se poser toutes sortes de questions.

Ils se sont mis à appliquer ce qu'ils avaient appris au cours de ces travaux pratiques à différentes situations de leur vie quotidienne et ont transformé la cuisine familiale en laboratoire. Des choses qui, jusque-là, leur semblaient dénuées de sens et qu'ils acceptaient les yeux fermés devenaient soudain pour eux significatives et stimulantes. Chaque matin, ils arrivaient en classe avec divers spécimens et avec un petit matériel qui illustraient ce qu'ils avaient appris ou ce qu'ils avaient découvert au cours de la semaine. Leur visage rayonnait. Ils se montraient plus éveillés et plus vifs : curiosité et joie de découvrir se répandaient comme une traînée de poudre.

A la fin de l'année, une exposition a été organisée. Les enfants et les maîtres ont été invités à soumettre des objets illustrant une ou plusieurs des notions scientifiques apprises au cours de l'année. Il était demandé, notamment, que les objets soient simples et illustrent aussi simplement que possible la

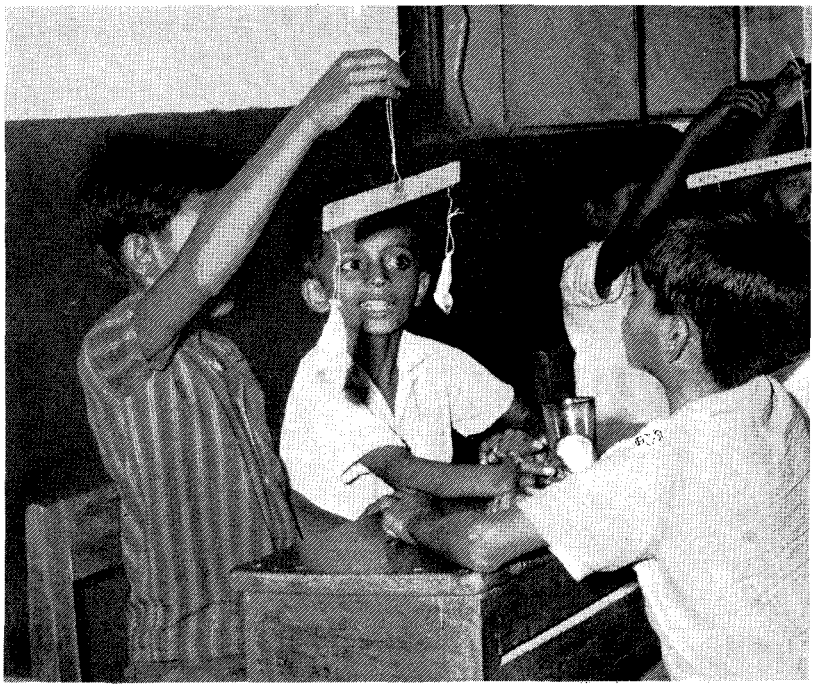
notion en question en la mettant à la portée des profanes. Il était également demandé d'utiliser, dans toute la mesure du possible, des matériaux locaux, bon marché ou de rebut pour fabriquer ces objets. D'éminents scientifiques de Bombay ont été invités à juger les pièces exposées et à accorder un prix aux dix meilleures. Leur tâche n'a pas été facile.

Chaque objet exposé avait quelque chose de particulier. L'un des prix a été gagné par une élève de 11 ans qui, à l'aide d'une bouteille cassée fixée solidement sur une meule, est parvenue à ramasser une ficelle en créant le vide dans la bouteille. A cette fin, elle avait allumé une bougie dans la bouteille, pour montrer que l'air exerce une pression. La bouteille comme la meule étaient des objets au rebut.

« C'est en le mangeant qu'on évalue le pudding. » Mais celui-ci disparaît par la même occasion. On pourra juger du succès du centre aux résultats obtenus par les élèves, et cette preuve-là sera durable. Quand, à la fin de l'année, on a eu connaissance des résultats des examens dans les classes du primaire, on s'est aperçu que les élèves dont les maîtres avaient profité au maximum des facilités offertes par le centre avaient assimilé beaucoup plus de connaissances et étaient beaucoup plus avancés dans leur étude de la science et de ses applications que leurs condisciples dont les maîtres employaient encore les anciennes méthodes. Toutes les personnes qui ont participé à l'expérience en ont retiré une grande satisfaction et la Bombay Municipal Corporation a décidé de créer trois centres supplémentaires dans la banlieue proche et lointaine afin de répondre à la demande croissante des maîtres. Des centres du même type ont aussi été ouverts pour élaborer des matériels d'enseignement relatifs à d'autres disciplines telles que les mathématiques, les sciences sociales ou les langues.

De 1971 à 1976, environ 2 000 enseignants ont été recyclés au centre et ont utilisé celui-ci pour élaborer leur matériel scientifique et donner à leurs élèves l'orientation nécessaire en vue de la construction de divers modèles à des fins expérimentales.

Le progrès technique a un grand impact parce qu'il permet de créer des instruments et des appareils perfectionnés et des résultats expérimentaux sont obtenus en appuyant sur des boutons. Il est vrai que cette remarquable modernisation des moyens d'expérimentation est très bénéfique pour la recherche de haut niveau. Mais une telle approche à un niveau inférieur et dans le cadre de l'enseignement est nécessairement néfaste. Rappelons à cet égard que des travaux de recherche remarquables



Élève d'une école primaire cherchant à déterminer à l'aide d'une balance simple si l'air a un poids discernable.

ont été menés au Cavendish Laboratory par Thompson et Rutherford avec un matériel rudimentaire. De même, le célèbre physicien Powell, qui a reçu le prix Nobel dans sa discipline, a dit qu'il avait obtenu des résultats exceptionnels à l'aide d'un matériel extrêmement simple. Le rôle que joue l'expérience dans la formulation ou la vérification des théories scientifiques doit être reconnu. M. Eaton, de la Wesleyan University, a fait remarquer que même les brillants travaux de Maxwell n'ont été acceptés qu'à partir du moment où Hertz a démontré que les ondes électromagnétiques existent bien. Maxwell a donc apporté la théorie et la rigueur mathématique, mais c'est grâce à Hertz que nous avons pu passer aux applications pratiques.

L'étude des sciences exige non seulement qu'on se familiarise avec les faits, les principes et la théorie, mais encore que l'on acquière l'art de la manipulation grâce auquel il est possible par la suite de s'engager seul dans un projet de recherche. Notre

centre vise à développer l'habileté des jeunes afin qu'ils puissent fabriquer de leurs propres mains les appareils nécessaires et modifier ceux qui existent déjà pour vérifier les faits, les principes et les théories qu'ils ont appris. Léonard de Vinci a dit, à juste titre, que la théorie est le général et que les expériences sont les soldats. Il est de notre devoir d'entraîner nos futurs scientifiques à rassembler les soldats pour faire des découvertes scientifiques. Notre centre a donc un triple objectif : apprendre aux enseignants à mettre au point des expériences qui puissent éclairer les principes scientifiques fondamentaux ; apprendre aux enfants, en les motivant fortement, à concevoir et à fabriquer divers appareils à l'aide d'objets courants pour mettre en évidence certains phénomènes scientifiques ; instaurer entre maîtres et élèves un rapport harmonieux grâce à des activités scolaires complémentaires qui inculqueront à nos jeunes l'esprit scientifique de notre époque.

Annexe Exemples d'activités menées au centre

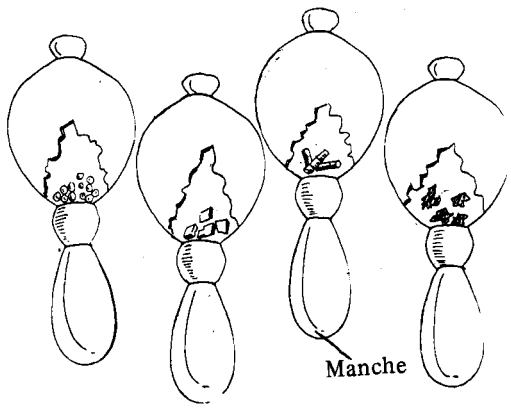
Son (chapitre VI) *Activité.* Reconnaître divers sons produits par des hochets

Matériel requis

1. Cinq hochets en plastique à manche amovible ; les hochets doivent être de la même taille.
2. Petits morceaux de bois.
3. Dix à quinze petites billes de plastique.
4. Dix à quinze perles de verre.
5. Dix à quinze petits cailloux.
6. Dix à quinze petits grains de plomb (ou si possible d'aluminium).

Marche à suivre

1. Dévisser les manches des hochets et mettre environ 10 perles de verre dans le premier, 10 billes de plastique dans le deuxième, 10 petits cailloux dans le troisième, 10 plombs dans le quatrième et quelques (petits) morceaux de bois dans le dernier. Revisser les manches (voir figure).
2. Vos hochets sont prêts.
3. Les enfants savent ce qui se trouve à l'intérieur des hochets, mais, vus de l'extérieur, ceux-ci sont tous semblables.



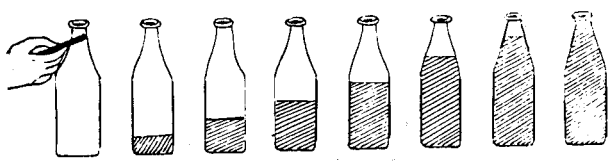
4. Secouer les hochets. Les enfants doivent deviner la nature de chaque son, qui sont tous distincts les uns des autres. Tout d'abord, très peu d'enfants devineront juste, mais, assez rapidement, tous apprendront à les distinguer.

But. Reconnaître les sons produits par divers objets.

Son (chapitre VII) *Activité.* Utiliser des bouteilles comme sources de musique

Matériel requis

1. Huit bouteilles de lait (vides) de la même taille.
2. Huit bouchons pouvant s'adapter sur les bouteilles.
3. Une baguette d'environ 30 cm de long.
4. De l'eau.



Marche à suivre

1. Nettoyez les bouteilles avec de l'eau et du savon. Mettez-les en ligne.
2. Laissez vide la première bouteille. Versez de l'eau dans les autres bouteilles de telle façon qu'elle atteigne une hauteur d'environ 2 cm dans la deuxième, 4 cm dans la troisième, 6 cm dans la quatrième, 8 cm dans la cinquième, 10 cm dans la sixième et 12 cm dans la septième. Remplir complètement la dernière bouteille (voir figure).
3. Bouchez toutes les bouteilles.
4. A l'aide de la baguette, frappez doucement le col de chaque bouteille. En faisant varier le niveau de l'eau dans chaque bouteille, vous obtiendrez les huit sons de la gamme indienne : *sa, re, ga, ma, pa, dha, nee, sa.*

Air (chapitre IX) *Activité.* Une banane glisse automatiquement dans une bouteille

Matériel requis

1. Une banane mûre.
2. Une bouteille en verre à col étroit.
3. De l'alcool à brûler.
4. Une boîte d'allumettes.

Marche à suivre

1. Pelez l'extrémité de la banane sur une longueur d'environ 2,5 cm en laissant la peau sur la banane.
2. Choisissez la banane ou la bouteille de telle sorte que l'extrémité pelée de la banane s'adapte exactement au col de la bouteille, le reste du fruit ne pouvant y pénétrer (voir figure).
3. Versez quelques gouttes d'alcool à brûler dans la bouteille.
4. Introduisez une bougie allumée dans la bouteille : l'alcool commence à brûler.
5. Introduisez aussitôt l'extrémité pelée de la banane dans le col de la bouteille (voir figure).
6. Vous constatez que la banane est pelée et glisse dans la bouteille (voir figure).
7. A mesure que l'alcool brûle, l'oxygène qui se trouve à l'intérieur de la bouteille s'épuise et la pression dans la bouteille devient inférieure à la pression extérieure. La banane est donc poussée à l'intérieur de la bouteille par l'air extérieur.

But. Montrer que l'air se déplace des hautes pressions vers les basses pressions.

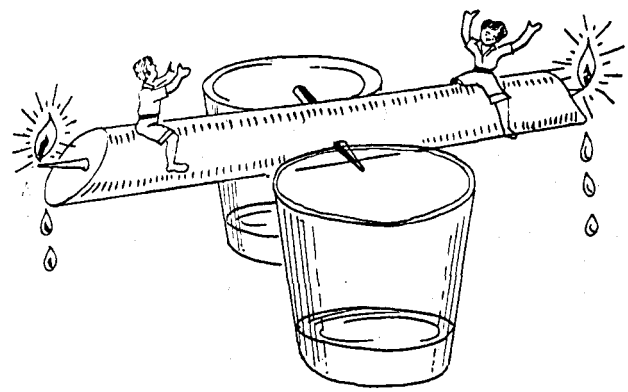
Mécanique (chapitre XII) *Activité.* Fabriquer une bascule à l'aide d'une bougie

Matériel requis

Une bougie épaisse et longue, un clou fin, deux tasses, un bâton et une boîte d'allumettes.

Marche à suivre

1. Retirez un peu de cire à la base de la bougie de façon à dégager la mèche : vous pourrez ainsi allumer la bougie par les deux bouts.
2. Faites reposer la bougie en équilibre sur le bâton ou sur un couteau afin de trouver le centre de gravité, c'est-à-dire le point médian.
3. Transpercez la bougie avec le clou en ce point.
4. Placez la bougie entre deux tasses de telle sorte que les deux extrémités du clou reposent sur les bords des tasses (voir figure). La bascule est prête.
5. La bougie doit rester droite. Si ce n'est pas le cas, équilibrez-la en enlevant un peu de cire.
6. Allumez la bougie par les deux bouts et regardez ses deux extrémités monter et descendre dans un mouvement de bascule.
7. Quand les gouttes de cire fondue tombent d'une extrémité, cette dernière devient plus légère et monte, puis la cire de l'autre extrémité tombe, de sorte que cette extrémité monte à son tour. La bougie se trouve ainsi animée d'un mouvement de bascule.



But. Enseigner le principe de l'équilibre et du centre de gravité.

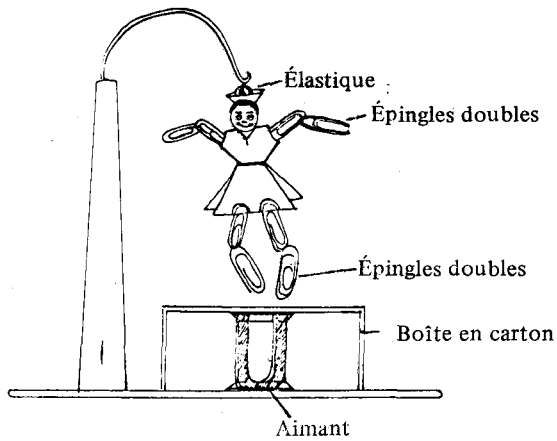
Magnétisme (chapitre XIII) *Activité.* Faire danser une poupée

Matériel requis

1. Un morceau de carton (de n'importe quelle couleur).
2. Des épingles doubles ou des trombones.
3. Une boîte en contre-plaqué ou en carton.
4. Un support.
5. Un élastique.
6. Un crayon rouge.
7. Un petit aimant en barre ou en fer à cheval.

Marche à suivre

1. Découpez une poupée dans le carton et dessinez-lui des yeux, un nez, une bouche, etc., à l'aide du crayon rouge.
2. Faites les bras et les jambes de la poupée à l'aide d'épingles doubles ou de trombones (voir figure).
3. Suspendez la poupée au support à l'aide de l'élastique (voir figure).
4. Placez la boîte en carton ou en contre-plaqué, le côté ouvert devant vous, juste sous la poupée, ou fixez la poupée de telle sorte qu'elle surplombe la boîte en carton.
5. Prenez l'aimant par une extrémité et déplacez l'autre extrémité juste au-dessous de la partie supérieure de la boîte (voir figure).
6. Les bras et les jambes de la poupée seront attirés par l'aimant et celle-ci se mettra à danser.



But. Montrer qu'un aimant attire les objets en métal.

Quatrième partie

Information et communication dans le domaine des équipements scolaires pour l'enseignement des sciences et de la technologie

Rapport sur les discussions qui ont eu lieu en séance plénière et au groupe de travail

Information et communication dans le domaine des équipements scolaires pour l'enseignement des sciences et de la technologie

Il est possible de se procurer, dans différentes régions, un certain nombre de rapports et de publications contenant des croquis d'équipements. Ces croquis devraient pouvoir être mis à la disposition de tous ceux qui ont besoin d'une orientation pour la production locale d'équipements. Diverses suggestions ont été formulées en ce qui concerne la diffusion de cette information. Ces suggestions peuvent être classées en trois catégories.

Diffusion par l'intermédiaire d'organisations internationales et régionales

Des organisations internationales comme l'Unesco peuvent jouer un rôle essentiel à cet égard. Les bureaux régionaux de l'Unesco publient des bulletins périodiques. Ils sont habilités à organiser, dans les régions, des réunions et des missions de visite internationales, ainsi que des échanges interrégionaux de visites. Leurs réseaux régionaux d'innovation contribuent également à la diffusion de l'information. Par le moyen de leurs publications, ainsi que d'études de cas détaillées, les organisations internationales peuvent fournir une information appropriée aux centres nationaux. Ceux-ci peuvent à leur tour reproduire cette information et la communiquer à tous ceux qui s'occupent de la production d'équipements ainsi qu'aux professeurs de sciences en poste. De la sorte, les groupes nationaux peuvent, à l'intérieur de chaque pays, devenir des organes efficaces de communication avec les organisations régionales et internationales.

Publication de bulletins

La publication dans des bulletins d'informations relatives aux innovations en matière d'équipement permet de donner une large diffusion à ces informations. Des exemplaires de ces bulletins devraient, bien entendu, être adressés aux services d'inspection des ministères de l'éducation, aux services responsables des moyens audiovisuels, aux instituts pédagogiques, aux départements d'enseignement scientifique des universités et aux associations de professeurs de sciences. Les films, les films en boucle, les diapositives, les documents transparents, les cassettes et les bandes magnétiques constituent également des médias utiles. Ce matériel peut être acheté en vue d'une utilisation locale. On a également insisté sur le rôle des bibliothèques comme dépositaires de l'information relative à la production et à l'utilisation de l'équipement scientifique.

Communication au niveau national

Les commissions nationales pour l'Unesco peuvent contribuer à la diffusion de l'information à l'intérieur de chaque pays, en particulier dans les cas où une traduction est nécessaire. Les grandes entreprises de production et de fourniture d'équipements constituent une autre source d'information. Les centres pédagogiques ont un rôle à jouer et peuvent aussi servir de tribune pour l'échange d'idées et d'informations parmi les enseignants. Il convient enfin de mentionner l'importance du rôle des associations de professeurs de sciences. Elles peuvent non seulement publier dans leurs revues des articles sur la production d'équipements, mais aussi organiser des colloques et des séminaires à l'intention des professeurs.

Recommandations en faveur d'une coopération internationale dans le domaine des équipements scolaires pour l'enseignement des sciences et de la technologie

Il serait souhaitable que l'Unesco puisse envisager la

création d'un Centre international d'échange d'informations (doté d'un réseau d'information approprié) sur les équipements scolaires pour l'enseignement des sciences et de la technologie. Ce centre aurait pour rôle de répondre aux besoins des États membres en la matière. Ces besoins sont innombrables, ainsi qu'en témoigne l'énumération des fonctions envisagées pour ce centre d'échange.

Réunir et entretenir une collection de matériels de référence (livres, manuels, articles de revues, etc.) relatifs aux équipements, en particulier en ce qui concerne leur conception, leurs plans, leur fabrication, leur distribution, leur stockage, ainsi que la gestion des laboratoires.

Recenser les bibliothèques possédant des collections de matériels de ce genre.

Identifier les particuliers et les groupes qui s'intéressent spécialement à ces équipements et établir un répertoire de leurs noms et adresses.

Recueillir des renseignements sur les fabricants et/ou les fournisseurs d'équipements et réunir des catalogues ainsi que des manuels d'instructions sur l'utilisation, l'entretien et la réparation de ces équipements.

Identifier les centres ou les groupes qui fournissent des éléments pour le montage d'équipements destinés à l'enseignement des sciences.

Tenir à jour une liste d'institutions assurant une formation sur l'utilisation de ces équipements et la gestion des laboratoires.

Identifier des spécialistes capables d'animer des colloques sur l'utilisation et la production d'équipements pour l'enseignement des sciences.

Établir et tenir à jour une liste d'institutions assurant la formation de techniciens de laboratoire.

Trouver des centres de contrôle de qualité capables de donner des conseils sur le choix de tel ou tel équipement et promouvoir la création de centres de ce type.

Constituer et entretenir une collection étendue de matériels audiovisuels relatifs aux équipements, en particulier de photographies, de diapositives, de bandes vidéo, de films, de films en boucle, de cartouches de film en boucle (super 8), de cartouches de film sonore en boucle (16 mm), de cassettes audio, de documents transparents pour rétroprojecteur, d'enregistrements d'« histoire orale » et de disques vidéo.

Rassembler et tenir à jour une information relative aux organisations gouvernementales, aux organisations non gouvernementales et aux organisations intergouvernementales qui fournissent ou reçoivent des équipements.

Identifier les réseaux d'information existants et coopérer avec eux.

Encourager l'établissement de monographies détaillées sur la production d'équipement et en assurer la diffusion.

Étudier la possibilité d'établir une liste détaillée d'équipements pour l'enseignement scientifique de base dans chacune des disciplines spécialisées (biologie, chimie, physique, mathématiques, science intégrée) pour chaque niveau scolaire concerné et, si la chose paraît possible, publier cette liste.

Élaborer des directives relatives à la définition de spécifications pour chacun des articles énumérés ci-dessus et établir un ensemble minimal de ces spécifications.

Fournir une orientation destinée à permettre la sélection d'équipements d'enseignement des sciences adaptés aux besoins des programmes.

Aider les pays qui le demandent à évaluer leurs besoins ou les équipements dont ils disposent.

Établir un mécanisme pour l'exploitation des points de vue des usagers sur les équipements qu'ils ont eu l'occasion d'utiliser.

Déterminer les formes de technologie intermédiaire qui pourraient être utilisées pour la conception d'équipements.

Réaliser des bibliographies annotées en matière d'équipements.

Créer un réseau de communication assurant la liaison entre le centre d'échange et les usagers.

La communication internationale : nécessité d'un centre d'échange et d'un réseau de communication

J. David Lockard

Introduction

Un principe fondamental de la philosophie de l'Unesco en matière d'enseignement des sciences est que la science est une opération active, qu'elle est une investigation tout autant qu'un corps de connaissances et que les étudiants en sciences doivent faire eux-mêmes l'expérience des processus mis en œuvre par les scientifiques dans leur propre travail. Il est donc essentiel que les professeurs de sciences disposent d'équipements d'enseignement des sciences, qui seront utilisés aussi bien par leurs élèves que par eux-mêmes. Les chapitres précédents de ce volume ont couvert presque tous les aspects de la question des équipements scolaires d'enseignement des sciences et ont fréquemment fait état des problèmes d'information et de communication. Le présent chapitre est donc consacré à un exposé de la nécessité d'un centre d'échange et d'un réseau d'information capable de contribuer à la solution de cet important aspect de la question.

La raison d'être d'un centre d'échange

Il est très largement admis que l'enseignement des sciences est devenu de nos jours une affaire d'intérêt mondial et que la pénurie d'équipement pour cet enseignement est un phénomène général. Ce problème n'est pas limité aux pays moins développés et, au-delà de simples questions financières, il met en jeu également les philosophies de l'enseignement des sciences. L'existence d'un centre d'échange d'informations capable de faciliter la communication entre toutes les parties intéressées permettrait de s'attaquer à de nombreux aspects du problème et, pensons-nous, de les résoudre.

A l'heure actuelle, il n'existe pas de centre où se trouvent rassemblées sous une forme accessible les réponses aux types de questions que se posent, en matière d'équipements pour l'enseignement des sciences, les professeurs de sciences et les responsables administratifs concernés. Examinons les types de questions qui sont le plus fréquemment posées.

Le professeur de sciences, livré à lui-même dans sa salle de classe, n'a souvent personne à qui s'adresser pour obtenir un avis autorisé lorsque son établissement ne possède aucun, ou pratiquement aucun, équipement. La plupart d'entre nous savent combien il est difficile de faire comprendre clairement aux étudiants un concept scientifique même quand on dispose de l'équipement nécessaire. Combien plus difficile, et décourageant, peut-il être d'essayer d'enseigner sans aucun équipement. Même un conseil sur ce qu'il faut faire en pareil cas peut s'avérer utile. Un problème extrêmement préoccupant concerne la formation des professeurs de sciences. Au niveau de la formation initiale, il existe des cas où les établissements de formation pédagogique ne sont pas convenablement équipés pour l'enseignement des sciences. Étant donné que les élèves « enseignent comme on leur a enseigné », le problème s'aggrave de lui-même. Si les élèves-professeurs de sciences n'ont jamais utilisé d'équipement, ils sont mal préparés à demander un équipement particulier, et encore moins à l'utiliser lorsqu'ils peuvent en disposer. Il n'est que trop fréquent que la formation initiale des professeurs de sciences ne comporte absolument rien concernant l'équipement utilisable pour l'enseignement des sciences.

Un problème connexe est celui de la nature et de la qualité de la formation à l'enseignement des sciences qui peut être offerte même dans les cas où un équipement est disponible. L'enseignement fait-il appel à une participation de l'étudiant et à une expérimentation active, ou consiste-t-il en cours magistraux et en démonstrations ne laissant aucune place à l'investigation individuelle ou collective ? Dans de nombreux cas, l'instructeur a peur de laisser l'étudiant utiliser l'équipement, car toute avarie de celui-ci est mise à sa charge et le prix de la répa-

ration est retenu sur son salaire. Voilà qui est peu fait pour encourager la participation des étudiants.

Il est moins fréquent, du moins l'espérons-nous, que la formation scientifique des maîtres chargés d'enseigner les sciences à de jeunes enfants se limite à un enseignement élémentaire reçu quelques années auparavant. Nous savons cependant que cela arrive et constitue un sérieux handicap pour des élèves désireux de s'instruire sur l'environnement dans lequel ils vivent. Toute une série de graves problèmes peuvent être rattachés à cette situation.

Il n'est pas inhabituel qu'un professeur de sciences possède les connaissances scientifiques élémentaires nécessaires, mais ignore quel est le meilleur type d'équipement à utiliser pour les enseigner. Il faut qu'il ait la possibilité de s'adresser facilement à quelqu'un capable de lui faire des suggestions et, parallèlement, qu'il soit possible de déterminer où il peut se procurer l'équipement nécessaire. Si celui-ci est disponible dans le commerce, y a-t-il des crédits pour l'acheter ? Si on l'achète, est-il accompagné d'un mode d'emploi et les instructions sont-elles rédigées de telle sorte qu'elles puissent être bien comprises ? Quelles sont toutes les autres expériences pour lesquelles cet équipement peut être utilisé ? S'il n'en permet vraiment qu'une seule, celle-ci justifie-t-elle la dépense correspondante ?

Un autre type habituel de problème est celui du professeur affecté à une école dotée d'un certain équipement pour l'enseignement des sciences, mais : *a)* qui ne sait pas de quel équipement il s'agit, ou *b)* qui, le sachant, ignore ou de toute manière a oublié comment s'en servir. Dans sa recherche de toute information capable de l'aider, il peut interroger un collègue s'il s'en trouve à proximité un qui soit au courant. Il peut même être dans l'impossibilité de trouver le nom et l'adresse du fabricant et, à plus forte raison, un manuel d'instructions.

Il est également fréquent que l'on dispose d'un équipement, qu'on sache comment l'utiliser, mais que celui-ci soit cassé ou que l'on manque d'une pièce essentielle, par exemple une ampoule spéciale. On peut également se trouver en présence d'un appareil apparemment en bon état, mais qui pourtant ne marche pas. Dans le premier cas, il faut trouver la pièce manquante ou endommagée, se renseigner sur son prix et trouver l'argent pour la payer, puis réussir à la monter. Dans le second cas, il faut démonter l'équipement, si on est capable de le faire, pour essayer de trouver l'origine de la panne, ou essayer de trouver un technicien compétent. Les chances de trouver un tel technicien sont beaucoup plus réduites qu'on ne veut généralement l'admettre.

Cela nous amène à parler de la pénurie presque complète de techniciens capables de réparer l'équipement d'enseignement scientifique produit dans le commerce. Ces techniciens, pour commencer, sont une espère rare et encore plus rares sont ceux qui ont l'expérience des nombreux types et marques d'équipements différents. Ensuite, un technicien qualifié trouve aisément de nombreux employeurs prêts à rémunérer ses services mieux que ne peuvent le faire les écoles, et il faut donc renoncer à lui.

Nous avons jusqu'ici surtout parlé des équipements d'enseignement scientifique produits dans le commerce, mais il ne s'agit là que d'une petite partie des problèmes. La communication avec les fabricants et les distributeurs constitue un énorme barrage, même si le professeur sait où ils se trouvent. Les problèmes financiers sont souvent prohibitifs dans nombre de pays en développement. La logistique que représentent l'établissement des contacts nécessaires, l'exécution des achats, la livraison en bon état des articles commandés et, ensuite, la formation à l'utilisation de ceux-ci surcharge la tâche du professeur. Ces opérations terminées, il est trop fatigué pour enseigner ou n'a plus le temps de le faire.

Pour ces raisons, parmi beaucoup d'autres, l'Unesco a été conduite à considérer qu'une action dans les différents domaines de la conception, de la production, de la distribution et de l'utilisation d'équipements à bon marché pourrait permettre de résoudre en partie le problème qui consiste à mettre à la disposition des professeurs de sciences, dans leur salle de classe, l'équipement dont ils ont besoin. Dans ce domaine, il est encore plus important d'établir un réseau de communication de l'information. Si « réinventer la roue » n'est pas toujours mauvais, le facteur temps est essentiel dans le cas qui nous intéresse si nous souhaitons l'avènement d'une société scientifiquement alphabète. Une mise en commun des connaissances est nécessaire et un centre international d'échange d'informations pourrait, à cet égard, être extrêmement précieux.

L'enseignement des sciences comporte maintenant des aspects tellement multiples qu'un effort important en matière de communication est nécessaire à chaque étape. Cette communication met en jeu non seulement les scientifiques et les professeurs de sciences, mais aussi de nombreux intermédiaires. De même que le scientifique dispose de l'aide de son

technicien pour mettre au point et modifier ses instruments de recherche, de même le professeur a besoin de quelqu'un pour lui indiquer et lui décrire l'équipement de laboratoire scientifique qui pourrait lui être utile dans sa salle de classe. Commencent ensuite les opérations compliquées qui sont nécessaires pour que cet équipement arrive jusqu'aux élèves.

Quelque part dans ce processus doivent intervenir des éducateurs et des superviseurs d'une haute compétence scientifique. Ils doivent être capables de comprendre les questions scientifiques et être au contact de scientifiques en activité. Ils doivent savoir comment la matière scientifique peut être adaptée à un programme d'enseignement avant de faire des suggestions sur l'équipement pédagogiquement le plus efficace. Ils doivent se situer quelque part entre le scientifique et le professeur tout en maintenant un contact régulier avec les concepteurs et les fournisseurs du comité responsable de l'enseignement scientifique. Tout cela est très difficile sans un solide réseau de communication.

De leur côté, les concepteurs, les fabricants et les fournisseurs d'équipement ont également besoin, pour bien s'acquitter de leur tâche, de toutes sortes de contacts ainsi que d'un bon système d'information. Ils doivent connaître les besoins des professeurs de sciences, les conceptions adéquates et les éléments essentiels, les meilleurs moyens de se procurer les matières premières nécessaires, les systèmes de fabrication les plus efficaces, les méthodes les plus sûres de distribution et les manuels d'instructions et séances de formation qui sont indispensables. Ils doivent par la suite être informés sur la manière dont les équipements se comportent à l'usage et sur les défauts ou faiblesses constatés. Ces données leur sont indispensables pour améliorer leur produit et continuer à bénéficier de la confiance des professeurs de sciences.

Pour ce qui est des administrateurs des écoles, ils ignorent souvent à qui s'adresser pour obtenir des réponses aux questions qu'ils se posent eux-mêmes lorsque les professeurs les pressent pour obtenir davantage de moyens, en particulier sous forme de matériels et d'équipements pédagogiques. Ils doivent connaître les stratégies les plus largement appliquées pour l'enseignement des sciences et les équipements nécessaires pour les mettre en œuvre. Ils ont besoin de savoir quels sont les articles essentiels, ceux qui sont le plus avantageux à l'achat, ou comment il est possible de se les procurer ailleurs que dans le commerce. Ces questions se posent jusqu'aux échelons supérieurs des ministères de l'éducation. Où ces personnes peuvent-elles s'adresser s'il n'existe pas de centre d'échange international ?

Les problèmes relatifs à l'équipement pour l'enseignement des sciences sont importants et primordiaux. Il faut mobiliser toutes les informations disponibles à l'intérieur et à l'extérieur des systèmes scolaires. Les problèmes et leur solution sont d'intérêt mondial et il faudra un effort international de mise en commun des ressources pour simplement commencer à établir les canaux de communication indispensables. Un centre international d'échange et le réseau d'information correspondant pourraient être le point de départ de ce processus.

Informations utiles pour la communication

Adresses utiles

Unesco. Division de l'enseignement des sciences et de l'enseignement technique et professionnel,
7, place de Fontenoy, 75700 Paris (France).
Bureau régional de l'Unesco pour l'éducation pour la région d'Afrique (BREDA),
B.P. 3311, Dakar (République du Sénégal).
Bureau régional de l'Unesco pour l'éducation en Asie et dans le Pacifique (ROEAP),
P.O. Box 1425, Bangkok 11 (Thaïlande).
Bureau régional de l'Unesco pour l'éducation en Amérique latine et dans les Caraïbes (OREALC),
P.O. Box 3187, Santiago du Chili (Chili).
Bureau régional de l'Unesco pour l'éducation pour les États arabes (UNEDBAS),
Unesco, 7, place de Fontenoy, 75700 Paris (France).
Unicef. United Nations Plaza, New York, N.Y. (États-Unis d'Amérique).

Note. De nombreux pays possèdent, souvent dans le cadre de leur ministère de l'éducation, leur propre commission nationale pour l'Unesco, avec laquelle il est possible de prendre contact pour ce qui concerne en particulier le Système des bons Unesco pour l'achat de livres et d'équipement.

Publications de l'Unesco

Nouveau manuel de l'Unesco pour l'enseignement des sciences. Paris, Unesco, 1973. Nouvelle version révisée du plus populaire des manuels, qui contient une masse d'information, à l'intention du professeur.

Unesco handbook for science teachers. Paris, Unesco ; London, Heinemann ; New York, N. Y., Unipub, 1980. Complémentaire du précédent, cet ouvrage contient un exposé des méthodes et des objectifs de l'enseignement des sciences, ainsi que des installations, équipements et matériels correspondants.

Tendances nouvelles de l'enseignement intégré des sciences. Paris, Unesco. Vol. I : 1971 ; vol. II : 1973 ; vol. III : 1974 ; vol. IV : 1977 ; vol. V : 1979. Série de publications sur l'enseignement intégré des sciences.

Tendances nouvelles de l'enseignement de la biologie. Paris, Unesco. Vol. I : 1967 ; vol. II : 1969 ; vol. III : 1971 ; vol. IV : 1977.

Tendances nouvelles de l'enseignement de la chimie. Paris, Unesco. Vol. I : 1967 ; vol. II : 1969 ; vol. III : 1972 ; vol. IV : 1975 ; vol. V : 1983.

Tendances nouvelles de l'enseignement des mathématiques. Paris, Unesco. Vol. I : 1967 ; vol. II : 1970 ; vol. III : 1973 ; vol. IV : 1979.

Tendances nouvelles de l'enseignement de la physique. Paris, Unesco. Vol. I : 1968 ; vol. II : 1972 ; vol. III : 1976.

Tendances nouvelles de l'enseignement des sciences à l'école primaire. Paris, Unesco. Vol. I : 1986.

Certaines des publications parues dans la série « Tendances nouvelles... » sont maintenant épuisées, mais il est souvent possible de les trouver dans les bibliothèques des établissements de formation de professeurs.

Guidelines for the design of science laboratories for secondary schools in Africa. Khartoum Regional Building Institute for Africa (REBIA), July 1971. (REBIA/RS/146.) Contient des renseignements utiles sur la conception, l'aménagement et les besoins en espace des laboratoires et salles de travaux pratiques dans les écoles secondaires.

School building design-Asia. Colombo (Sri Lanka), Asian Regional Institute for School Building Research, 1972.

Les deux publications ci-dessus sont des publications à diffusion limitée. Les demandes doivent être adressées respectivement au Bureau régional de l'Unesco pour l'éducation pour la région Afrique (BREDA), Dakar, au Bureau régional de l'Unesco pour l'éducation en Asie et dans le Pacifique (ROEAP), Bangkok, ou à l'Unesco, Paris.

Rapports de l'Unesco sur des séminaires, colloques et autres réunions

Integrated science teaching in Asia
Rapport d'une réunion technique tenue au Centre régional pour l'enseignement des sciences et des mathématiques (RECSAM) de Penang (Malaisie), en août 1972. Publié conjointement par le RECSAM et l'Unesco.

Integrated science teaching in the Asian Region
Rapport d'une réunion technique régionale tenue à Manille (Philippines) en août 1970. Publié par le Bureau régional de l'Unesco pour l'éducation en Asie et dans le Pacifique, Bangkok (Thaïlande).

La ensenañza de las ciencias en América Latina
Rapport d'un séminaire régional tenu à Montevideo (Uruguay) en décembre 1972. Publié par le Bureau régional de l'Unesco pour l'éducation en Amérique latine et dans les Caraïbes, Santiago du Chili, 1973. (N'existe qu'en espagnol.)

Low-cost production of school science equipment
Rapport d'une réunion sous-régionale tenue à Manzini (Swaziland) en février 1979. Publié par l'Unesco, Paris.

Planning for integrated science education in Africa
Rapport d'une réunion technique régionale tenue à Ibadan (Nigeria), en septembre 1971. Publié par l'Unesco, Paris.

School science equipment
Rapport d'un séminaire régional tenu à New Delhi (Inde) en décembre 1972. Publié par le Bureau régional de l'Unesco pour l'éducation en Asie et dans le Pacifique, Bangkok (Thaïlande).

Selection, maintenance and repair of school science equipment
Rapport de la réunion d'un groupe de travail technique tenue au Centre régional pour l'enseignement des sciences et des mathématiques (RECSAM) de Penang (Malaisie) en novembre 1978. Programme asien d'innovations éducatives pour le développement (APEID – Bureau régional de l'Unesco pour l'éducation en Asie et dans le Pacifique, Bangkok (Thaïlande).

Sub-Regional Workshop on the production and distribution of low-cost equipment for the teaching of science,
Rapport d'une réunion technique tenue à Cali (Colombie) en octobre-novembre 1980.

Collaborateurs

M. Görgy APPEL, enseignant, dirige le Groupe de l'enseignement technique à l'Institut de pédagogie de Budapest (Hongrie).

M. Emil BENGTSSON a été directeur administratif de la SEPU (Scientific Equipment Production Unit), au Kenya, au titre de l'assistance du gouvernement suédois ; en qualité de consultant de l'Unesco, il a concouru à la mise en place d'une unité pour l'équipement scolaire en Éthiopie.

M. Cecil CRELLIN est spécialiste de l'éducation de base au Bureau régional de l'Unesco pour l'éducation en Asie et dans le Pacifique.

Le professeur Peter J. FENSHAM enseigne à la Section des sciences de l'éducation de l'Université Monash, à Victoria (Australie).

M. P. W. GHEE est chargé de cours au Department of School Technology, Craft and Design, du Trent Polytechnic, au Royaume-Uni.

M. Carl Soren HÅKANSSON, spécialiste de l'Unesco-Unicef en conception et production d'équipements scolaires, est en poste au siège de l'Unesco à Paris.

Le professeur Geoffrey B. HARRISON est directeur du Department of School technology, Craft and Design, du Trent Polytechnic, au Royaume-Uni.

M. Jeffrey KIRKHAM est conseiller scientifique auprès de la Direction de l'éducation du comté de Leicester au Royaume-Uni. Il a été président de l'Association for Science Education.

M. J. David LOCKARD est directeur du Centre international d'échange d'informations sur l'élaboration des programmes de sciences et de mathématiques à l'Université du Maryland (États-Unis d'Amérique). Outre la botanique, il enseigne la pédagogie à de futurs professeurs de sciences. Il a été le premier président de la Fédération internationale des associations de professeurs de sciences (FIAPS).

M. Norman K. LOWE est actuellement consultant de l'Unesco en équipement scientifique scolaire ; il a été expert de l'Unesco au Nigéria et en Afghanistan.

M. Jeffery R. NORTHFIELD a collaboré avec le professeur Fensham a la réalisation du projet de l'ASTEP.

M. Muhammad POPALZAI est directeur du Centre national pour l'équipement scolaire (NEEC) de Lahore (Pakistan).

M. Isaias RAW, professeur de biochimie, fondateur de l'Institut brésilien de l'éducation, de la science et de la culture (IBECC) (Instituto Brasileiro de Educação, Ciencia e Cultura) dont il a été le directeur scientifique. Il est actuellement conseiller scientifique auprès de la Fondation brésilienne pour le développement de l'enseignement des sciences (FUNBEC) (Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciencias), au Brésil.

Mlle Judy REAY est maître de conférences à l'École des sciences de l'éducation de l'Université des Indes-Occidentales et a été directrice de publication du volume V de *Tendances nouvelles de l'enseignement intégré des sciences.*

M. Chin PING SENG est directeur du Centre régional pour l'enseignement des sciences et des mathématiques (RECSAM) de Penang (Malaisie).

Mme Madhuri R. SHAH est présidente de la University Grants Commission en Inde. Elle était auparavant recteur de la SNDT Women's University à Bombay.

M. Ray F. SIMPSON fait partie du personnel enseignant de l'École des sciences de l'éducation de l'Université de Hongkong. Il a également exercé les fonctions d'expert de l'Unesco auprès de l'Institut pour la promotion de l'enseignement des sciences (IPST), en Thaïlande.

M. P. K. TAO est président de l'Association de Honkong pour l'enseignement des sciences et des mathématiques et enseigne à la Diocesan Boys' School.

M. Keith WARREN, spécialiste de l'éducation, a travaillé au Bangladesh, durant un certain nombre d'années, en qualité de fonctionnaire de l'Unicef avant d'être affecté au Mozambique.

M. Steve WEST est tuteur pour les sciences au *Corinth Teachers' College ;* il préside en outre l'Association for Science Education de Trinité-et-Tobago.

ISBN 92-3-202052-1